

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

## **ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑ**



**ΚΟΤΤΑΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ  
ΚΡΑΤΗΜΕΝΟΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ  
ΜΠΑΡΩΤΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΕΠΟΠΤΕΥΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:  
ΒΓΕΝΟΠΟΥΛΟΥ ΕΙΡΗΝΗ**

**Πάτρα, 2014**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην σημερινή εποχή είναι πλέον ευρέως γνωστό ότι οι συμβατικές πηγές ενέργειας (άνθρακας, πετρέλαιο, πυρηνική ενέργεια και φυσικό αέριο κτλ) επιφέρουν δυσμενείς επιπτώσεις στο φυσικό μας περιβάλλον, αφού εκλύουν σημαντικές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και χρόνο με τον χρόνο επιβαρύνουν ολοένα και περισσότερο το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επιπρόσθετα τα αποθέματα του πετρελαίου ολοένα και μειώνονται με την πάροδο του χρόνου καθώς η σημερινή κοινωνία κάνει φρενήρη κατανάλωση και ειδικότερα οι κάτοικοι των ιδιαίτερα αναπτυγμένων χωρών. Για αυτό το λόγο θα πρέπει η παραγωγή ενέργειας με σταθερά και σίγουρα βήματα να γίνεται από ανανεώσιμες πηγές (Α.Π.Ε.) μια εκ των οποίων είναι και τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια.

Ο στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η περιγραφή και η ανάλυση της λειτουργίας των Μικρών Υδροηλεκτρικών Σταθμών. Επίσης να γίνει μια καταγραφή και παρουσίαση των επί μέρους έργων αλλά και του μηχανολογικού εξοπλισμού αυτών καθώς και των επιπτώσεων τους στο περιβάλλον. Επιπροσθέτως αναπτύσσεται η αρχή λειτουργίας των Μ.Υ.Η.Ε. και γίνεται περιγραφή των τεχνικών έργων υδροληψίας, του συστήματος προσαγωγής, των υδροστροβίλων και του υδροηλεκτρικού σταθμού παραγωγής. Αναλύονται τα στάδια κατασκευής ενός μικρού υδροηλεκτρικού εργοστασίου και ερευνώνται οι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την λειτουργία του.

Παραθέτονται και οι ανάλογες μελέτες (Υδρολογική μελέτη, Υδραυλική μελέτη, Ενεργειακή μελέτη). Θα δούμε επίσης όλες εκείνες τις απαραίτητες μελέτες που πρέπει να εκπονηθούν πριν την υλοποίηση του έργου, προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη απόδοση, καθώς και η αποκατάσταση των τυχόν παρεμβάσεων, που μπορεί να γίνουν στο περιβάλλον από την κατασκευή ενός Μικρού Υδροηλεκτρικού Έργου.

Επίσης θα γίνει αναφορά και απαρίθμηση των οφελών και πλεονεκτημάτων, που έχει ο συγκεκριμένος τρόπος εκμετάλλευσης της ενέργειας του νερού. Θα εμβαθύνουμε στον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί ένας τέτοιου είδους σταθμός από την πλευρά του Μηχανολογικού εξοπλισμού, όπως για παράδειγμα η επιλογή τουρμπίνας αλλά και από την μεριά των έργων του πολιτικού μηχανικού όπως ο αγωγός προσαγωγής.

Πιο συγκεκριμένα:

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην Υδροηλεκτρική Ενέργεια και τους τρόπους εκμετάλλευσης της ανά τους αιώνες, στα επί μέρους έργα αλλά και στην διάκριση μεταξύ των Μικρών και των Μεγάλων Υ/Η σταθμών.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται το νομικό πλαίσιο και οι αρχές που ισχύουν, η διαδικασία αδειοδότησης ενός τέτοιου έργου καθώς και όλες οι απαραίτητες Αρχές και Υπηρεσίες που εμπλέκονται.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται εκτενέστατη αναφορά στα Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα και τον τρόπο λειτουργίας τους με αναφορές στους υδροστροβίλους που

χρησιμοποιούνται, το τεχνικό έργο υδροληψίας και το σύστημα προσαγωγής στους στροβίλους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρονται τα στάδια μελέτης ενός Μ.Υ.Η.Ε. καθώς και το είδος των μελετών πρέπει να εκπονηθούν για την κατασκευή και βέλτιστη λειτουργία του και την αποκατάσταση του περιβάλλοντος.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο του Τσετσεβίτικου και παρατίθενται διάφορες πληροφορίες για την θέση του, τον σχεδιασμό των επί μέρους έργων και την ενεργειακή του απόδοση.

Τέλος στο έκτο κεφάλαιο παρατίθενται τα γενικά συμπεράσματα σχετικά με την κατασκευή ΜΥΗΕ.

## Πίνακας περιεχομένων

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....	6
1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....	6
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ .....	7
1.4 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΜΕΓΑΛΩΝ ΚΑΙ ΜΙΚΡΩΝ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ..	9
1.5 ΓΕΝΙΚΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑ .....	14
2.1 Η ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΈΝΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ Α.Π.Ε.....	14
2.1.1 Η ΟΔΗΓΙΑ 96/92 ΕΚ.....	16
2.1.2 Η ΑΠΟΦΑΣΗ 646/2000 ΕΚ (ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ “ALTENER”).....	16
2.1.3 Η ΟΔΗΓΙΑ 2000/60 ΕΚ.....	17
2.1.4 Η ΟΔΗΓΙΑ 2001/77 ΕΚ.....	17
2.1.5 Η ΑΠΟΦΑΣΗ 1230/2003 (ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΕΥΦΥΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ – ΕΥΡΩΠΗ).....	18
2.2 ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ Α.Π.Ε. – Μ.Υ.Η.Ε. ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	18
2.3 Διαδικασίες Αδειοδότησης Μ.Υ.Η.Ε.....	21
2.3.1. ΈΚΔΟΣΗ ΆΔΕΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ .....	22
2.3.2 ΈΚΔΟΣΗ ΆΔΕΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	23
2.3.3 ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ (Π.Π.Ε.Α.).....	25
2.3.4 ΈΓΚΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΌΡΩΝ (Ε.Π.Ο.) .....	25
2.3.5 ΈΓΚΡΙΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (Ε.ΕΠ.) ΣΕ ΔΑΣΟΣ Η ΔΑΣΙΚΗ ΕΚΤΑΣΗ.....	26
2.3.6 ΆΔΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ – ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΈΡΓΟΥ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ .....	26
2.3.7 ΈΚΔΟΣΗ ΆΔΕΙΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ .....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑ.....	28
3.1 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ .....	28
3.2 ΚΑΜΠΥΛΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ .....	28
3.2.1 ΚΑΜΠΥΛΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΠΑΡΟΧΩΝ: ΒΑΣΙΚΗ ΠΑΡΑΔΟΧΗ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΑΣ .....	29
3.2.2 ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΤΗΣ ΚΔΠ .....	29
3.2.3 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ & ΔΕΣΜΕΥΣΕΙΣ.....	29
3.2.4 ΒΑΣΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΔΠ ΑΠΟ ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ .....	30
3.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ Μ.Υ.Η.Ε.....	30
3.4 ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ .....	30

3.5 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣΠ .....	31
3.6 ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	33
3.7 ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ .....	34
3.7.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ .....	34
3.7.2 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ .....	34
3.7.3 ΟΡΙΣΜΟΙ – ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ.....	35
3.7.4 ΕΙΔΗ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ .....	37
Στρόβιλος Francis.....	37
Στρόβιλος Kaplan .....	40
Στρόβιλος Pelton .....	42
3.8 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΙΣΧΥΟΣ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ.....	49
3.9 ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΑΓΩΓΟΥ .....	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΜΕΛΕΤΕΣ .....	51
4.1 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	51
4.2 ΜΕΛΕΤΗ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ .....	51
4.3 ΠΡΟΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ Μ.Υ.Η.Ε.....	52
4.4 ΜΕΛΕΤΗ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ .....	52
4.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ.....	52
4.6 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ .....	53
4.6.1 ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΜΕΛΕΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ .....	53
4.6.2 ΟΠΤΙΚΗ ΟΧΛΗΣΗ – ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ ΕΝΤΑΞΗ .....	54
4.6.3 ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, ΧΛΩΡΙΔΑ- ΠΑΝΙΔΑ (ΚΥΡΙΩΣ ΙΧΘΥΟΠΑΝΙΔΑ) .	55
4.6.4 ΈΔΑΦΟΣ, ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ .....	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΜΙΚΡΟ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΕΡΓΟ ΣΤΟ ΤΣΕΤΣΕΒΙΤΙΚΟ ΡΕΜΑ .....	57
5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΣΗΣ ΕΡΓΟΥ.....	57
5.2 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΕΡΓΩΝ .....	58
5.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΟ Μ.Υ.Η.Ε. ΤΣΕΤΣΕΒΙΤΙΚΟΥ .....	61
5.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΣΤΟΝ ΑΓΩΓΟ .....	63
5.8 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ.....	70
ΒΑΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ.....	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 .....	75
ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	75
ΣΧΕΔΙΑ .....	76
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	82
ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ .....	82

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

### 1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Όπως όλοι ξέρουμε το νερό διαγράφοντας τον «κύκλο του» στη φύση έχει δυναμική ενέργεια όταν αυτό βρίσκεται σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο, η οποία μετατρέπεται σε κινητική, όταν το νερό ρέει προς χαμηλότερες περιοχές. Με τα υδροηλεκτρικά έργα (υδροταμιευτήρας, φράγμα, κλειστός αγωγός πτώσεως, υδροστρόβιλος, ηλεκτρογεννήτρια, διώρυγα φυγής) εκμεταλλευόμαστε την ενέργεια αυτή του νερού για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο διοχετεύεται στους καταναλωτές μέσω του ηλεκτρικού δικτύου. Έτσι γίνεται η μετατροπή της ενέργειας των υδατοπτώσεων με τη χρήση υδραυλικών τουρμπινών και παράγεται η υδροηλεκτρική ενέργεια. Η υδροηλεκτρική ενέργεια χωρίζεται σε δυο κατηγορίες οι οποίες είναι η μεγάλης κλίμακας και η μικρής κλίμακας. Η υδροηλεκτρική ενέργεια μικρής κλίμακας έχει σημαντικές διαφορές από αυτή της μεγάλης κλίμακας και οι διαφορές αυτές αφορούν κυρίως τις επιπτώσεις που προκαλούν στο περιβάλλον. Οι μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικές μονάδες απαιτούν τη δημιουργία φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών οι οποίες έχουν σημαντικές επιπτώσεις στο άμεσο περιβάλλον. Η κατασκευή φραγμάτων για τη συγκέντρωση νερού περιορίζει αισθητά τη μετακίνηση των ψαριών, της άγριας ζωής και επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό ολόκληρο το οικοσύστημα. Τα μικρής κλίμακας συστήματα που τοποθετούνται συνήθως δίπλα σε ποτάμια και κανάλια έχουν πολύ μικρότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον οικοσύστημα.

Υδροηλεκτρικές μονάδες μικρότερες των 30 MW σε μέγεθος χαρακτηρίζονται μικρής κλίμακας και θεωρούνται ανανεώσιμες πηγές. Το γρήγορα κινούμενο νερό οδηγείται μέσα στο τούνελ για να περιστρέψει τις τουρμπίνες, δημιουργώντας έτσι μηχανική ενέργεια. Μια γεννήτρια μετατρέπει αυτή την ενέργεια από μηχανική σε ηλεκτρική. Εν αντιθέσει με ότι συμβαίνει με τα διάφορα ορυκτά καύσιμα, το νερό δεν αχρηστεύεται κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλους σκοπούς. Εννοείται ότι μόνο σε περιοχές με σημαντικές υδατοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση είναι δυνατόν να κατασκευασθούν υδατοταμιευτήρες. Συνήθως η ενέργεια που τελικώς παράγεται χρησιμοποιείται μόνο συμπληρωματικά με άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας, ως επί των πλείστων σε ώρες αιχμής. Στη χώρα μας η υδροηλεκτρική ενέργεια ικανοποιεί το 10% των ενεργειακών μας αναγκών. Η υδραυλική ενέργεια, δηλαδή η ενέργεια που παράγεται με την βοήθεια του νερού, είναι μια πλήρως ανανεώσιμη, και αποκεντρωμένη πηγή ενέργειας που υπηρέτησε παλιότερα και συνεχίζει και στις μέρες μας να υπηρετεί πιστά τον άνθρωπο στο δρόμο της ανάπτυξης. Πολλών ειδών υδραυλικοί τροχοί, νερόμυλοι, υδροτριβεία και άλλοι μηχανισμοί υδροκίνησης συνεχίζουν ακόμη και σήμερα να χρησιμοποιούν τη δύναμη του νερού, συμβάλλοντας σημαντικά στην πρόοδο της τοπικής οικονομίας πολλών περιοχών και στην αύξηση του βιοτικού επιπέδου, με απόλυτα φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο. Η αξιοποίηση του μικρού υδροδυναμικού των εκατοντάδων μικρών ή μεγαλύτερων υδατορρευμάτων και πηγών της ορεινής Ελλάδας με την

κατασκευή αποκεντρωμένων και αναπτυξιακών Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων (Μ.Υ.Η.Ε.) οδηγεί στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος αλλά και στην κάλυψη άλλων τοπικών αναγκών. Τα Μ.Υ.Η.Ε. για την εκμετάλλευση της ενέργειας του νερού χρησιμοποιούν μερικές φορές μέχρι και το 90%, και η πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής των υδροηλεκτρικών έργων, που μπορεί σε μερικές περιπτώσεις να υπερβαίνει και τα 100 έτη, αποτελούν δύο από τα πλέον χαρακτηριστικά παραδείγματα της ενεργειακής αποτελεσματικότητας και είναι δείγμα της τεχνολογικής ωριμότητας των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών. Τα Μ.Υ.Η.Ε. παρουσιάζουν κάποια ιδιαίτερα σημαντικά πλεονεκτήματα όπως είναι η δυνατότητα άμεσης σύνδεσης-απόζευξης στο δίκτυο, η αυτόνομη λειτουργία τους, η αξιοπιστία τους, η παραγωγή ενέργειας άριστης ποιότητας χωρίς διακυμάνσεις, η άριστη διαχρονική συμπεριφορά τους, το χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας, η ανυπαρξία κόστους πρώτης ύλης, η φιλικότητα προς το περιβάλλον με τις μηδενικές εκπομπές ρύπων και τις περιορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, η δυνατότητα παρεμβολής τους σε υπάρχουσες υδραυλικές εγκαταστάσεις κ.ά. Τέλος, ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός αποτελεί ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον και το σύνολο των επί μέρους συνιστωσών του μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας τα τοπικά υλικά με παραδοσιακό τρόπο και αναβαθμίζοντας το γύρω χώρο.

## 1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η υδραυλική ενέργεια, γνωστή ανά τους αιώνες και ως ο «λευκός άνθραξ» υπηρέτησε και υπηρετεί πιστά τον άνθρωπο στο δρόμο της ανάπτυξης. Η εξέλιξη των προδρόμων των μικρών υδροηλεκτρικών πηγώνει πολύ πίσω στους αιώνες. Αφθονούν οι σχετικές, με τους υδραυλικούς τροχούς και τους υδρόμυλους, περιγραφές από Ρωμαίους συγγραφείς, βουδιστές και Ιησουίτες μοναχούς. Οι ρίζες τους όμως είναι καθαρά ελληνικές και συγκεκριμένα μακεδονικές. Οι πρώτες σχετικές έγγραφες περιγραφές αφορούν συστήματα μετάδοσης κίνησης, και μάλιστα οδοντωτά, τα οποία αποδίδονται στον Αριστοτέλη. Η αρχαιότερη όμως διασωθείσα απόδειξη ύπαρξης σχετικής τεχνολογίας των κλασσικών χρόνων είναι ο περίφημος Μηχανισμός των Αντικυθήρων. Εικάζεται ότι, το υπάρχον απόθεμα τεχνολογικής γνώσης των Ελληνιστικών χρόνων σε προβλήματα μετάδοσης κίνησης με οδοντωτούς τροχούς, συνέβαλε σημαντικά στη διαμόρφωση της τεχνικής των υδραυλικών τροχών και ανάγει την προέλευσή του και στον Ήρωνα τον Αλεξανδρέα. Στα κλασσικά έργα του τελευταίου υπάρχουν περιγραφές σειράς υδραυλικών διατάξεων πέραν αυτών που σχετίζονται με τον γνωστό ανεμοστρόβιλο. Ο Λεονάρντο Ντα Βίντσι ξαναανακαλύπτει πολλές από τις επιγραφές του Ήρωνα. Ο «λευκός άνθραξ» με τη μορφή της μηχανικής ενέργειας, αποτελούσε για σειρά αιώνων για όλους τους πολιτισμούς την κινητήρια δύναμη.

### 1.3 ΕΠΙ ΜΕΡΟΥΣ ΕΡΓΑ ΕΝΟΣ Μ.ΥΗ.Σ.

Τα επιμέρους έργα ενός Μικρού Υδροηλεκτρικού Σταθμού είναι τα εξής:

Αρχικά όσον αφορά τα τεχνικά έργα υδροληψίας:

- ∅ Το πρώτο έργο είναι το τεχνικό υδροληψίας με το οποίο αποσπάται η ενεργειακά εκμεταλλεύσιμη παροχή από το φυσικό υδατόρευμα ή, γενικότερα από την πηγή ύδατος. Οι κύριοι τύποι υδροληψίας είναι τρεις: η ορεινή, η πλευρική και η υδροληψία τύπου σίφωνα. Οι δύο πρώτοι τύποι εφαρμόζονται κυρίως όταν το νερό προέρχεται από φυσικό υδατόρευμα, ενώ ο τρίτος σε περιπτώσεις αξιοποίησης νερού από υφιστάμενο κανάλι.
- ∅ Όπου απαιτείται κατασκευάζεται ειδικό τεχνικό για τη διευκόλυνση της μετακίνησης των ψαριών κατά μήκος της κοίτης (ιχθυόσκαλα, fish ladder).
- ∅ Στις πλευρικές υδροληψίες προβλέπεται η ενσωμάτωση θυροφραγμάτων στον αναβαθμό για την εκκένωση των φερτών, ώστε σε κάθε περίπτωση να μη παρεμποδίζεται η στερεομεταφορά κατά μήκος της κοίτης.
- ∅ Αφού αποσπαστεί από την κοίτη το νερό διοχετεύεται με ελεύθερη ροή στη δεξαμενή καθίζησης ή εξαμμωτή (desilter), με εξαίρεση τις υδροληψίες τύπου σίφωνα, όπου δεν απαιτείται τεχνικό εξάμμωσης. Η δεξαμενή καθίζησης έχει κατάλληλες διαστάσεις ώστε να εξασφαλίζεται η κατακράτηση της ελάχιστης διάστασης κόκκου φερτών, η οποία καθορίζεται από τις προδιαγραφές του στροβίλου.
- ∅ Σε συνέχεια του εξαμμωτή βρίσκεται η δεξαμενή φόρτισης (forebay), η οποία σχεδιάζεται ώστε να εξασφαλίζονται οι κατάλληλες υδραυλικές συνθήκες εισόδου στον υπό πίεση αγωγό προσαγωγής. Βασικό κριτήριο για το σχεδιασμό της δεξαμενής φόρτισης είναι η μη εισροή αέρα στον αγωγό προσαγωγής, που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα σπηλαιώσης.

Έπειτα σχετικά με το σύστημα προσαγωγής:

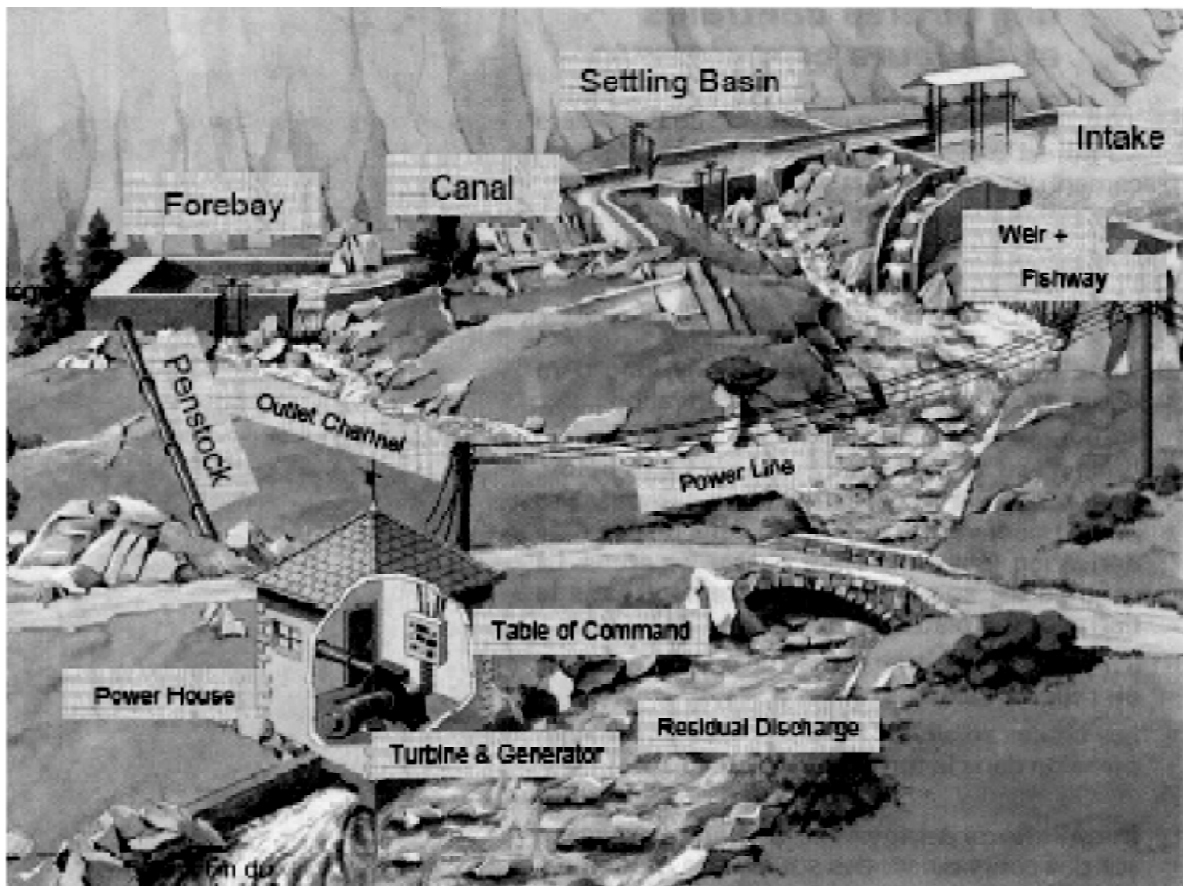
- ∅ Το βασικό τεχνικό έργο του συστήματος προσαγωγής είναι ο αγωγός, μέσω του οποίου μεταφέρεται η παροχή στο στρόβιλο. Το υλικό κατασκευής και οι διαστάσεις του αγωγού επιλέγονται με τεchnοοικονομικά κριτήρια, επιδιώκεται δηλαδή η βέλτιστη οικονομικά λύση που πληροί συγκεκριμένα τεχνικά κριτήρια σχεδιασμού. Η εγκατάσταση του αγωγού μπορεί να είναι υπόγεια ή επιφανειακή, με πιο συνηθισμένη την πρώτη.
- ∅ Παράλληλα στον αγωγό προσαγωγής τοποθετούνται και οι απαραίτητες καλωδιώσεις για τον τηλεέλεγχο των θυροφραγμάτων της υδροληψίας από το σταθμό παραγωγής.
- ∅ Απαραίτητα συνοδευτικά τεχνικά έργα του αγωγού είναι οι εξαεριστικές βαλβίδες και οι βαλβίδες εκκένωσης φερτών, στα ψηλά και χαμηλά σημεία της χάραξης αντίστοιχα και το σύστημα αντιπληγματικής προστασίας, εφόσον είναι απαραίτητο.
- ∅ Προκειμένου να εξασφαλιστεί η ευστάθεια του αγωγού και, εφόσον είναι αυτοφερόμενος, να περιοριστούν οι τάσεις στα τοιχώματα, κατασκευάζονται σώματα αγκύρωσης (thrust blocks) από σκυρόδεμα με τα οποία μεταφέρονται οι ωθήσεις στο έδαφος.



Τέλος, στον σταθμό παραγωγής εγκαθίσταται:

- ∅ ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός, δηλαδή: οι στρόβιλοι, οι γεννήτριες, οι μετασχηματιστές και ο εξοπλισμός παρακολούθησης και ελέγχου του έργου.
- ∅ Μετά την έξοδο από το στρόβιλο το νερό αποδίδεται στη φυσική ροή του υδατορεύματος μέσω της διώρυγας φυγής.

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται σκαριφηματικά η τυπική γενική διάταξη ενός Μ.Υ.Η.Ε. Τα βασικά επιμέρους τεχνικά έργα, που παρουσιάζονται στη συνέχεια είναι η υδροληψία (intake), το σύστημα προσαγωγής και ο σταθμός παραγωγής (power house).



#### 1.4 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΜΕΓΑΛΩΝ ΚΑΙ ΜΙΚΡΩΝ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Καταρχήν θα πρέπει να καταστήσουμε σαφές ότι τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα δεν χαρακτηρίζονται ως «μικρά» μόνο επειδή είναι μικρότερης ισχύος σε σύγκριση με τα «μεγάλα». Η διαφοροποίηση δεν είναι μόνο αντικείμενο κλίμακας αλλά κυρίως είναι θέμα διαφορετικής θεώρησης, όσον αφορά τον σχεδιασμό τους, την εκμετάλλευση, και τις προδιαγραφές. Η επιτυχία ενός μικρού ΥΗΕ δεν κρίνεται τόσο από την

στιβαρότητα των επιμέρους έργων για την αξιοπιστία του εξοπλισμού αλλά κυρίως από τις σωστές επιλογές που θα γίνουν κατά τις αρχικές φάσεις της μελέτης τους και κυρίως όσον αφορά την αξιολόγηση των δεδομένων, τη διάταξη του έργου, την οικονομικότερη αξιολόγηση της επένδυσης. Θα πρέπει αρχικά να διευκρινισθεί ότι από πλευράς αρχής λειτουργίας, τόσο στη μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε μηχανική και στη μετατροπή της μηχανικής σε ηλεκτρική, ένα μικρό Υ.Η.Ε. δεν διαφέρει σημαντικά από ένα μεγάλο. Επίσης δεν διαφέρουν παρά ελάχιστα ως προς το πλήθος και το είδος των επί μέρους έργων-τμημάτων από τα οποία απαρτίζεται ένα Υ.Η.Ε. Ο χαρακτηρισμός ενός Υ.Η.Ε. ως «μικρού» δεν αναφέρεται αποκλειστικά στην εγκατεστημένη ισχύ ή στις διαστάσεις των μονάδων αλλά σε ένα σύνολο χαρακτηριστικών, πολλά από τα οποία δεν είναι μετρήσιμα, δηλαδή οι διαφορές μεταξύ μικρών και μεγάλων Υ.Η.Ε. δεν είναι μόνο ποσοτικές αλλά κυρίως και ποιοτικές. Στα μεγάλα Υ.Η.Ε. ο χαρακτηρισμός τους ως «μεγάλων» παραλείπεται ως εννοούμενος. Ως μικρό χαρακτηρίζεται ένα Υ.Η.Ε. όταν η ονομαστική ισχύς του είναι μικρότερη των 10 MW, χωρίς η τιμή αυτή να αποτελεί ένα γενικά αποδεκτό όριο. Να σημειωθεί ότι σε ορισμένες χώρες το όριο διάκρισης μεταξύ μεγάλων και μικρών Υ.Η.Ε. ορίζεται στα 5 MW. Το ότι δεν είναι ιδιαίτερα σαφές το όριο διάκρισης οφείλεται στο ότι οι διαφορές τους δεν είναι τόσο ποσοτικές, όσο ποιοτικές και αφορούν κυρίως την επιλογή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, την διαμόρφωση και την εκμετάλλευση του Υ.Η.Ε. Όπως θα αναπτυχθεί στη συνέχεια, μία βασική διαφοροποίηση μεταξύ μικρών και μεγάλων Υ.Η.Ε. έγκειται στην επιλογή και εγκατάσταση τυποποιημένου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού στην περίπτωση των μικρών Υ.Η.Ε.. Αν λάβουμε υπόψη μας ότι η τυποποίηση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού για τον εξοπλισμό μικρών Υ.Η.Ε. φθάνει συνήθως μέχρι την ισχύ των 10 MW (αν και ορισμένες εταιρείες προσφέρουν τυποποιημένους υδροστροβίλους ισχύος μέχρι 15 MW), φαίνεται ότι η τιμή αυτή αποτελεί το πλέον αποδεκτό όριο διάκρισης μεταξύ μικρών και μεγάλων Υ.Η.Ε., όπως άλλωστε δέχονται όλες οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το όριο διάκρισης μεταξύ μικρών και μεγάλων Υ.Η.Ε. έχει σημασία και από πλευράς διαδικασιών και αδειοδοτήσεων κ αυτό επειδή για τα μικρά Υ.Η.Ε. προβλέπονται διαδικασίες απλούστερες ενώ σε ορισμένες χώρες, όπως στην Ελλάδα, ένα μεγάλο Υ.Η.Ε. δεν μπορεί να κατασκευασθεί παρά μόνο από την Δ.Ε.Η. Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν και άλλες διακρίσεις. Ως *micro* χαρακτηρίζεται ένα Υ.Η.Ε. όταν η ονομαστική ισχύς του είναι μικρότερη των 100 KW, ως *mini* όταν η ονομαστική ισχύς του είναι μικρότερη από 1 MW και ως μικρό όταν η ονομαστική ισχύς του είναι μεταξύ του 1 MW και 10 MW. Τα όρια αυτά μεταξύ *micro*, *mini* και μικρό δεν είναι απόλυτα και υπάρχουν αποκλίσεις σε διάφορες χώρες καθόσον σχετίζονται κυρίως με τις διαδικασίες αδειοδότησης και με τις προδιαγραφές σύνδεσης με το διασυνδεδεμένο ηλεκτρικό δίκτυο. Η Ελληνική Νομοθεσία (Ν. 1559/85 και Ν. 2244/94) ορίζει ως μικρούς τους σταθμούς με ισχύ μικρότερη των 10 MW, με τον όρο ότι μόνο τα έργα εγκατεστημένης ισχύος έως και 2 MW, μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο ελεύθερης δράσης. Επισημαίνεται ότι κάτω από προϋποθέσεις είναι δυνατή και ανάληψη σχετικής μικροϋδροηλεκτρικής δράσης και για μικρά έργα ισχύος μεταξύ 2 MW και 5 MW. Ένα μικρό Υ.Η.Ε. δεν πρέπει να θεωρηθεί ως μικρογραφία ενός μεγάλου καθώς η προσέγγιση αυτή θα οδηγήσει σε οικονομική αποτυχία την επένδυση.

Οι κύριες διαφορές μεταξύ μικρών και μεγάλων Υ.Η.Ε. εντοπίζονται στην επιλογή και εγκατάσταση τυποποιημένου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού καθώς και στο πρόγραμμα εκμετάλλευσης το οποίο έχει άμεσο αντίκτυπο στην διάταξη και διαστασιολόγηση των διαφόρων στοιχείων που το απαρτίζουν. Άλλοι ευνοϊκοί

παράγοντες για την κατασκευή ενός μικρού Υ.Η.Ε. είναι ότι μπορεί πιο εύκολα να συνδυασθεί με άλλες διευθετήσεις, π.χ. ύδρευση, άρδευση, οπότε θα ήταν δυνατόν να αξιοποιηθούν υπάρχοντα μικρά αρδευτικά φράγματα. Ακόμη, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιφέρουν τα μικρά Υ.Η.Ε. είναι πολύ μικρότερες από αυτές των μεγάλων, καθώς οι περισσότερες από αυτές οφείλονται στον σχηματισμό μεγάλου ταμιευτήρα ανάντη. Μία άλλη διάκριση των Υ.Η.Ε. αναφέρεται στο μέγεθος της διαθέσιμης υδραυλικής πτώσης  $H$ , η τιμή της οποίας εκφράζει την ανά μονάδα μάζας υδραυλική ενέργεια του νερού και την τάξη μεγέθους της στατικής πίεσης στον αγωγό προσαγωγής και το τμήμα εισόδου του υδροστροβίλου, ενώ από αυτή κυρίως εξαρτάται η επιλογή του τύπου του υδροστροβίλου. Δεδομένου ότι η υδραυλική ισχύς είναι γινόμενο της παροχής του νερού και της υδραυλικής πτώσης γίνεται φανερό ότι το κόστος κατασκευής ενός μικρού Υ.Η.Ε. είναι τόσο μικρότερο, και άρα η επένδυση τόσο πιο αποδοτική, όσο μεγαλύτερη είναι η υδραυλική πτώση  $H$ . Όμως κατά κανόνα οι μεγάλες υδραυλικές πτώσεις αναπτύσσονται σε ορεινές και απομακρυσμένες περιοχές οπότε ενδέχεται το κόστος των γραμμών μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας να είναι τόσο υψηλό ώστε να αντισταθμίζει το πλεονέκτημα του σχετικά χαμηλού κόστους του μικρού Υ.Η.Ε.. Το αντίθετο συμβαίνει με τα μικρά Υ.Η.Ε. μικρής υδραυλικής πτώσης. Το ύψος της επένδυσης είναι αυξημένο όμως κατά κανόνα βρίσκονται κοντά σε πεδινές και κατοικήσιμες περιοχές οπότε το κόστος των έργων σύνδεσης με το διασυνδεδεμένο ηλεκτρικό δίκτυο είναι μικρό. Ακόμη τα Υ.Η.Ε. χαρακτηρίζονται από το εάν το φράγμα σχηματίζει ταμιευτήρα (δεξαμενή αποθήκευσης) μεγάλου όγκου ή εάν ο σταθμός λειτουργεί κατά τον ρου του ποταμού, όπως κυρίως συμβαίνει στα έργα μικρού ύψους πτώσεως. Το μέγεθος του έργου έχει σχέση όχι μόνο με την ηλεκτρική ισχύ αλλά και τη μικρή ή μεγάλη υψομετρική διαφορά.

	Τυπική Ισχύς	RET Screen ® Ροή	RET Screen ® Διάμετρος Αγωγού
Micro	<100 KW	<0.4 m <sup>3</sup> /sec	<0.3m
Μίνι	100 ως 1000 KW	0.4 ως 12.8 m <sup>3</sup> /sec	0.3 ως 0.8 m
Μικρό	1 ως 50 MW	>12.8 m <sup>3</sup> /sec	>0.8 m

## 1.5 ΓΕΝΙΚΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Τα υδροηλεκτρικά έργα παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα όπως έχουμε προαναφέρει. Μερικά από αυτά είναι η δυνατότητα άμεσης σύνδεσης - απόζευξης στο δίκτυο, η αυτόνομη λειτουργία τους, η αξιοπιστία τους, η παραγωγή ενέργειας άριστης ποιότητας χωρίς διακυμάνσεις, η άριστη διαχρονική συμπεριφορά τους, η μεγάλη διάρκεια ζωής, ο προβλέψιμος χρόνος απόσβεσης των αναγκαίων επενδύσεων που οφείλεται στο πολύ χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας και στην ανυπαρξία κόστους πρώτης ύλης, η φιλικότητα προς το περιβάλλον με τις μηδενικές εκπομπές ρύπων και τις περιορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, η ταυτόχρονη ικανοποίηση και άλλων αναγκών χρήσης νερού (ύδρευσης, άρδευσης, κλπ.), η δυνατότητα παρεμβολής τους σε υπάρχουσες υδραυλικές εγκαταστάσεις, κ.α. Ένας υδροηλεκτρικός σταθμός άλλωστε αποτελεί ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον. Το σύνολο των επί μέρους συνιστωσών του έργου μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας τα τοπικά υλικά με παραδοσιακό τρόπο και αναβαθμίζοντας το γύρω χώρο.

Πλεονεκτήματα μικρών υδροηλεκτρικών έργων

Τα Μ.Υ.Η.Ε. παρουσιάζουν ορισμένα ιδιαίτερα συγκριτικά πλεονεκτήματα:

- Κατασκευάζονται σε απομονωμένες ορεινές περιοχές με αποτελέσματα οι οχλήσεις που προκαλούνται από αυτά να είναι ελάχιστες. Ο αγωγός μεταφοράς είναι συνήθως υπόγειος, η σύγχρονη τεχνολογία στροβίλων εξασφαλίζει μειωμένη ηχητική όχληση, το κτίριο του σταθμού δύναται να προσαρμοστεί στην τοπική αρχιτεκτονική και δεν υπάρχει ανάγκη αποθήκευσης νερού. Το αποτέλεσμα είναι συχνά να βελτιώνεται το εικαστικό περιβάλλον της περιοχής.
- Τα Μ.Υ.Η.Ε. παρουσιάζουν υψηλό βαθμό ενεργειακής απόδοσης, δηλαδή η παραγόμενη ενέργεια στη διάρκεια ζωής τους είναι αρκετά μεγάλη με τιμές που κυμαίνονται στο διάστημα 30~67, όταν οι τιμές για την αιολική ενέργεια, τη βιομάζα και τα φωτοβολταϊκά είναι αντιστοίχως 5~39, 3~27 και 1~4.
- Τα Μ.Υ.Η.Ε. μπορούν εύκολα να συνδυαστούν με παράλληλες χρήσεις όπως ύδρευση και άρδευση, συντελώντας στην καλύτερη αξιοποίηση των υδατικών πόρων.
- Η κατασκευή ενός Μ.Υ.Η.Ε. επιβαρύνει ελάχιστα το κοντινό φυσικό οικοσύστημα, εφόσον γίνει σωστός περιβαλλοντικός σχεδιασμός. Για παράδειγμα, η πρόβλεψη ελάχιστης οικολογικής παροχής εξασφαλίζει την επιβίωση της παρόχθιας πανίδας και χλωρίδας.
- Η ποιότητα των υδάτων δεν υποβαθμίζεται καθόλου με τη διέλευση από το στρόβιλο και μπορεί να είναι κατάλληλα ακόμη και για πόση, μετά από τυπική επεξεργασία. Αντίθετα, οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας

ενός Μ.Υ.Η.Ε. μπορούν να αποδώσουν το νερό ακόμα πιο καθαρό στο φυσικό υδατόρευμα, στην περίπτωση που φέρει μη χημικούς ρύπους. Εκτός από τα παραπάνω πλεονεκτήματα, ένα μικρό υδροηλεκτρικό έργο παρουσιάζει και ορισμένα μειονεκτήματα, όπως:

- Τα Μ.Υ.Η.Ε. σε αντίθεση με τα μεγάλα δεν έχουν τη δυνατότητα αποθήκευσης νερού σε ταμιευτήρα. Αυτό το χαρακτηριστικό, που αποτελεί πλεονέκτημα όσον αφορά το μέγεθος της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, συνεπάγεται μηδενική ευελιξία στη διαχείριση της ενέργειας στο Σύστημα Μεταφοράς, αφού η παραγόμενη ενέργεια θα πρέπει να καταναλώνεται άμεσα. Για το λόγο αυτό η ενέργεια που παράγεται από Μ.Υ.Η.Ε. δε χρησιμοποιείται σαν ενέργεια αιχμής, αλλά απορροφάται κατά προτεραιότητα από το Σύστημα. Εξάλλου τα Μ.Υ.Η.Ε. εμφανίζουν τη μέγιστη παραγωγή κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ αντίθετα η αιχμή της ζήτησης σημειώνεται κατά τους θερινούς.
- Η χωρική διασπορά των Μ.Υ.Η.Ε. που είναι ευνοϊκή για την αποκέντρωση του Συστήματος Μεταφοράς, μεταφράζεται σε αντίστοιχη διασπορά της ανθρώπινης επέμβασης στο φυσικό περιβάλλον. Σε συνδυασμό με το μεγάλο πλήθος των έργων, που διαχειρίζεται κυρίως ο ιδιωτικός τομέας και των εμπλεκόμενων υπηρεσιών που είναι αρμόδιες για την παρακολούθηση των έργων, ο έλεγχος τήρησης των περιβαλλοντικών όρων επέμβασης είναι ιδιαίτερα δύσκολος. Η διαμόρφωση θεσμών και εργαλείων για την εφαρμογή της σχετικής νομοθεσίας είναι κρίσιμη παράμετρος.
- Τα Μ.Υ.Η.Ε. έχουν σημαντικά χαμηλότερη ενεργειακή απόδοση από τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Αυτό σε όρους της ενεργειακής αγοράς σημαίνει ότι παράγουν ακριβή ενέργεια, εφόσον εξακολουθεί να υπάρχει επάρκεια ορυκτών καυσίμων. Σήμερα η προώθηση των Μ.Υ.Η.Ε. εξαρτάται ουσιαστικά από τις κρατικές επιδοτήσεις και την υψηλή τιμή αγοράς της ανανεώσιμης ενέργειας από τη Δ.Ε.Η.. Δεδομένου ότι η κρατική ενίσχυση μέσω των κοινοτικών κονδυλίων δεν είναι απεριόριστη, θα πρέπει να αναζητηθούν καινοτόμες τεχνολογικές λύσεις, ώστε να μειωθεί το κόστος της ενέργειας που παράγεται από Μ.Υ.Η.Ε..

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑ**

#### **2.1 Η ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΈΝΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ Α.Π.Ε.**

Η πολιτική της Ε.Ε. για την προώθηση των Α.Π.Ε. διαμορφώθηκε σε μεγάλο βαθμό σύμφωνα με τις υποχρεώσεις μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου που ανέλαβε στα πλαίσια της υπογραφής του Πρωτοκόλλου του Κιότο. Η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση ωστόσο, δεν υπήρξε ο μόνος παράγοντας που συνετέλεσε στη στροφή προς τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.), την Εξοικονόμηση Ενέργειας (ΕΞ.Ε.) και την Ορθολογική Χρήση Ενέργειας (Ο.Χ.Ε.).

Η συνειδητοποίηση της ανάγκης για οικονομικά, όσο και περιβαλλοντικά, βιώσιμης ανάπτυξης έπαιξε καθοριστικό ρόλο στο να επαναπροσδιοριστεί η ενεργειακή πολιτική, με έμφαση στην αξιοποίηση των εγχώριων φυσικών πόρων. Η διαπίστωση που διατυπώθηκε στην «Πράσινη Βίβλο» (Νοέμβριος 2000) ότι το 50% της Ακαθάριστης Κατανάλωσης Ενέργειας (Α.Κ.Ε.) των κρατών – μελών καλύπτεται από εισαγωγές, σε συνδυασμό με την πρόβλεψη ότι το ποσοστό θα ανέλθει σε 70% τη δεκαετία 2020-2030 έκρουσαν τον κώδωνα του κινδύνου για την ενεργειακή εξάρτηση της ενωμένης Ευρώπης. Παράλληλα, η διαρκώς αυξανόμενη τιμή των πετρελαιοειδών και η συνεπαγόμενη πολιτική αστάθεια επέτειναν την αναγκαιότητα για εξεύρεση εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Με γνώμονα την αναστροφή της κλιματικής αλλαγής, αλλά και την ενεργειακή αυτονομία – εξασφάλιση με τη δημιουργία μιας οργανωμένης και αυτάρκους εσωτερικής αγοράς ενέργειας, τα όργανα της Ευρωπαϊκής Ένωσης προέβησαν κατά την τελευταία δεκαετία σε μία σειρά δράσεων για την προώθηση των Α.Π.Ε.. Τα βασικά νομοθετήματα – οδηγίες που υλοποιήθηκαν στα πλαίσια αυτών των δράσεων και αφορούν γενικά τις Α.Π.Ε. και ειδικότερα τα Μ.Υ.Η.Ε. παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα

Έγγραφο	Ημ/νια Έκδοσης	Περιγραφή
Οδηγία 96/92 ΕΚ	19/12/1996	Θεσπίζει κοινούς κανόνες που αφορούν την παραγωγή, μεταφορά και διανομή Η/Ε. Θέτει το κανονιστικό πλαίσιο για την απελευθέρωση και οργάνωση της εσωτερικής αγοράς Η/Ε.
Απόφαση 646/2000 ΕΚ	28/2/2000	Θέτει σε εφαρμογή το πρόγραμμα δράσεων "Altener" για την προώθηση των Α.Π.Ε., με χρηματοδοτική υποστήριξη 77 εκ. ευρώ την περίοδο 1998-2002.
Οδηγία 2000/60 ΕΚ	22/12/2000	Ορίζει την πολιτική της Ε.Ε. για τη διαχείριση των υδατικών πόρων. Θέτει συγκεκριμένους στόχους για την ποιοτική και ποσοτική διαχείριση των επιφανειακών και υπογείων υδάτων, χρονοδιάγραμμα και διαδικασίες για την υλοποίησή τους.
Οδηγία 2001/77 ΕΚ	27/9/2001	Θέτει ως προτεραιότητα την αύξηση της συμβολής των Α.Π.Ε. στην παραγωγή Η/Ε, κατανέμει τις υποχρεώσεις που προκύπτουν από το Πρωτόκολλο του Κιότο στα κράτη-μέλη και ορίζει το κοινοτικό πλαίσιο δράσης.
Απόφαση 1230/2003 ΕΚ	26/6/2003	Θέτει σε εφαρμογή το πρόγραμμα δράσεων "Ευφυής Ενέργεια-Ευρώπη", με χρηματοδοτική υποστήριξη 200 εκ. ευρώ, την περίοδο 2003-2006.

### **2.1.1 Η ΟΔΗΓΙΑ 96/92 ΕΚ**

Η Οδηγία 96/92 ΕΚ που εξέδωσε το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο την 19/12/1996 αποτέλεσε ουσιαστικά το θεμέλιο για την απελευθέρωση της εσωτερικής αγοράς Η/Ε, παραχωρώντας στον ιδιωτικό τομέα δικαιώματα παραγωγής, μεταφοράς και διανομής Η/Ε. Η Οδηγία είχε ως γνώμονα την αρχή της ελεύθερης διακίνησης εμπορευμάτων, που κατοχυρώθηκε με την ιδρυτική Συνθήκη της Ε.Ε. και την πεποίθηση ότι η επίτευξη βελτιωμένων όρων παροχής ενέργειας προς τους τελικούς χρήστες εξυπηρετείται καλύτερα μέσω των μηχανισμών του ελεύθερου ανταγωνισμού. Σύμφωνα με αυτό το πνεύμα η Οδηγία έθεσε τις προδιαγραφές για την οργάνωση μιας ανταγωνιστικής εσωτερικής αγοράς ενέργειας και αποτέλεσε βασικό νομοθετικό εργαλείο για τα κράτη – μέλη, στα οποία παραχωρήθηκε η ευχέρεια επιλογής μεταξύ των προτεινόμενων μεθόδων. Παράλληλα, σημειώνεται ότι για περιβαλλοντικούς λόγους μπορεί να δοθεί προτεραιότητα στην παραγωγή Η/Ε από Α.Π.Ε., χωρίς ωστόσο να εισάγει σχετική δέσμευση. Όσον αφορά την απελευθέρωση της αγοράς παραγωγής η Οδηγία προτείνει δύο μεθόδους, τη χορήγηση αδειών παραγωγής και τη διενέργεια διαγωνισμών υποβολής προσφορών. Ταυτόχρονα καλεί τα κράτη – μέλη να θεσπίσουν τα κριτήρια χορήγησης αδειών κατασκευής δυναμικού, με γνώμονα την ασφάλεια των δικτύων, την προστασία του περιβάλλοντος, την ενεργειακή απόδοση και την τήρηση διαφανών και αμερόληπτων κανόνων. Παράλληλα ζητά τη θέσπιση ανεξάρτητου διαχειριστή του δικτύου μεταφοράς και θέτει τους κανόνες οργάνωσης του δικτύου διανομής της Η/Ε.

### **2.1.2 Η ΑΠΟΦΑΣΗ 646/2000 ΕΚ (ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ “ALTENER”)**

Η Απόφαση 646/2000 ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 28/2/2000, έθεσε σε εφαρμογή το πρόγραμμα «Altener» με στόχο να συμβάλει στη δημιουργία των κατάλληλων νομικών, διοικητικών και επενδυτικών συνθηκών για την προώθηση των Α.Π.Ε.. Το πρόγραμμα αφορούσε την περίοδο 1998-2002 και το ύψος χρηματοδότησης ανήλθε σε 77 εκατ. €. Οι βασικές δράσεις και μέτρα που ενισχύθηκαν από το πρόγραμμα «Altener» αφορούσαν την προαγωγή της έρευνας σε τεχνολογικό και διαχειριστικό επίπεδο σχετικά με τις Α.Π.Ε., τη ανάπτυξη στρατηγικών, προτύπων και πιστοποιήσεων, την ενημέρωση του κοινού, την προσέλκυση επενδυτικού ενδιαφέροντος και τη δημιουργία μηχανισμών παρακολούθησης.



### **2.1.3 Η ΟΔΗΓΙΑ 2000/60 ΕΚ**

Η Οδηγία – Πλαίσιο 2000/60 αποτέλεσε την αφητηρία ουσιαστικής άσκησης κοινοτικής πολιτικής στο θέμα της ποιοτικής και ποσοτικής διαχείρισης των υδατικών πόρων. Εισηγάγε τη Λεκάνη Απορροής Ποταμού (Λ.Α.Π.) ως φυσική μονάδα διαχείρισης των επιφανειακών και υπογείων υδάτων και κάλεσε τα κράτη – μέλη να ορίσουν χωρικά τις Λ.Α.Π. έως το 2003 και να καταρτίσουν Σχέδια Διαχείρισης Λ.Α.Π. έως το 2009. Ανάμεσα στους βασικούς στόχους της Οδηγίας είναι η επίτευξη καλής ποιοτικής κατάστασης των υδατικών διαθεσίμων έως το έτος 2015, η καταγραφή ποιοτικών και ποσοτικών παραμέτρων και η ρεαλιστική τιμολόγηση των χρήσεων έως το 2010. Το περιεχόμενο της Οδηγίας συνδέεται άμεσα με την κατασκευή και λειτουργία των Μ.Υ.Η.Ε., καθώς συνιστούν βασική τεχνολογία αξιοποίησης των υδατικών πόρων για παραγωγή ενέργειας.

### **2.1.4 Η ΟΔΗΓΙΑ 2001/77 ΕΚ**

Το περιεχόμενο της Οδηγίας 2001/77 ΕΚ που εξέδωσε το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο την 27/9/2001, υπήρξε καθοριστικό για τη διείσδυση των Α.Π.Ε. στα ενεργειακά συστήματα των κρατών – μελών. Με γνώμονα τις υποχρεώσεις που απορρέουν από την υπογραφή του Πρωτοκόλλου του Κιότο, τη «Λευκή Βίβλο» και την Οδηγία 96/92 ΕΚ, η Οδηγία εισάγει το κοινοτικό θεσμικό πλαίσιο για την προώθηση των Α.Π.Ε. (Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας) Καθορίζονται ως στόχοι για το 2010 η παραγωγή Η/Ε από Α.Π.Ε. να ανέρχεται στο 12% της Α.Κ.Ε. (Ακαθάριστης Κατανάλωσης Ενέργειας) και 22,1% της Α.Κ.Η.Ε. (Ακαθάριστης Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας) και κατανέμονται οι επιμέρους εθνικοί στόχοι. Για την Ελλάδα ως στόχος για το 2010 τίθεται, η Η/Ε που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές να καλύπτει την Α.Κ.Η.Ε. σε ποσοστό 20,1%. Τα κράτη – μέλη καλούνται να λάβουν μέτρα ώστε να αρθεί κάθε νομικό - διοικητικό εμπόδιο για την εκπλήρωση των δεσμεύσεών τους. Κάθε χώρα υποχρεούται στην κατάρτιση Εθνικής Έκθεσης για την εξέλιξη της διείσδυσης των Α.Π.Ε. ανά διετία και η Επιτροπή συντάσσει ανά πενταετία αντίστοιχη έκθεση προς το Συμβούλιο, όπου αναλύεται η επιτευχθείσα πρόοδος, επαναπροσδιορίζονται οι στόχοι και αναλύονται οι προοπτικές και προτάσεις για το μέλλον. Εισάγεται ο θεσμός των «Εγγυήσεων Προέλευσης» για την πιστοποίηση της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε., την ευθύνη του οποίου επωμίζεται ανεξάρτητος φορέας. Κάθε κράτος υποχρεούται στη θέσπιση νομικού – κανονιστικού πλαισίου για τη λειτουργία του δικτύου μεταφοράς και τους όρους σύνδεσης των νέων παραγωγών σε αυτό.

### **2.1.5 Η ΑΠΟΦΑΣΗ 1230/2003 (ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΕΥΦΥΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ – ΕΥΡΩΠΗ)**

Η Απόφαση 1230/2003 έθεσε σε ισχύ το πρόγραμμα δράσεων «Ευφυής ενέργεια – Ευρώπη», με χρηματοδοτικό πλαίσιο 200 εκ. € και περίοδο εφαρμογής την τετραετία 2003- 2006. Η ενίσχυση της διείσδυσης των Α.Π.Ε. παρέμεινε σε υψηλή προτεραιότητα με τη συνέχιση του προγράμματος «Altener», ενώ δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην προώθηση τεχνολογιών ΕΞ.Ε. (Εξοικονόμηση Ενέργειας) (πρόγραμμα «Save»), την εφαρμογή εναλλακτικών μορφών ενέργειας στις μεταφορές (πρόγραμμα «Steer») και την προώθηση των Α.Π.Ε. στις αναπτυσσόμενες χώρες (πρόγραμμα «Cooper»). Βασικοί στόχοι του προγράμματος εξακολουθούν να είναι η αύξηση της Η/Ε που παράγεται από ανανεώσιμους φυσικούς πόρους, η παρακολούθηση, ο έλεγχος και η αξιολόγηση των εν εξελίξει μέτρων των κρατών – μελών. Επιπλέον επιδιώκεται η εντατικοποίηση της έρευνας για νέες τεχνολογίες Α.Π.Ε. και ΕΞ.Ε., η ανεμπόδιστη διακίνηση εμπειρίας – τεχνογνωσίας εντός της Ε.Ε. και προς αναπτυσσόμενες χώρες και η διαμόρφωση μιας νέας, πιο υπεύθυνης και περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένης νοοτροπίας κατανάλωσης από το κοινό (Ορθολογική Χρήση Ενέργειας)

### **2.2 ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ Α.Π.Ε. – Μ.Υ.Η.Ε. ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Απαρχή της εισόδου των Α.Π.Ε. στη χώρα αποτέλεσε ο Ν 1559/1985 «Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις», στα πλαίσια του οποίου η Δ.Ε.Η εγκατέστησε 24 MW ενώ οι Ο.Τ.Α. περιορίστηκαν στο ελάχιστο επίπεδο των 3 MW και ο ιδιωτικός τομέας παρέμεινε εκτός σκηνής. Παρά το μικρό αποτέλεσμα, η προσπάθεια έδειξε τις δυνατότητες του τομέα και τις αδυναμίες του συστήματος και προετοίμασε το δρόμο για μεταγενέστερες βελτιώσεις. Παρακάτω θα δούμε συνοπτικά με τη βοήθεια ενός πίνακα την ελληνική νομοθεσία γενικά για τις Α.Π.Ε

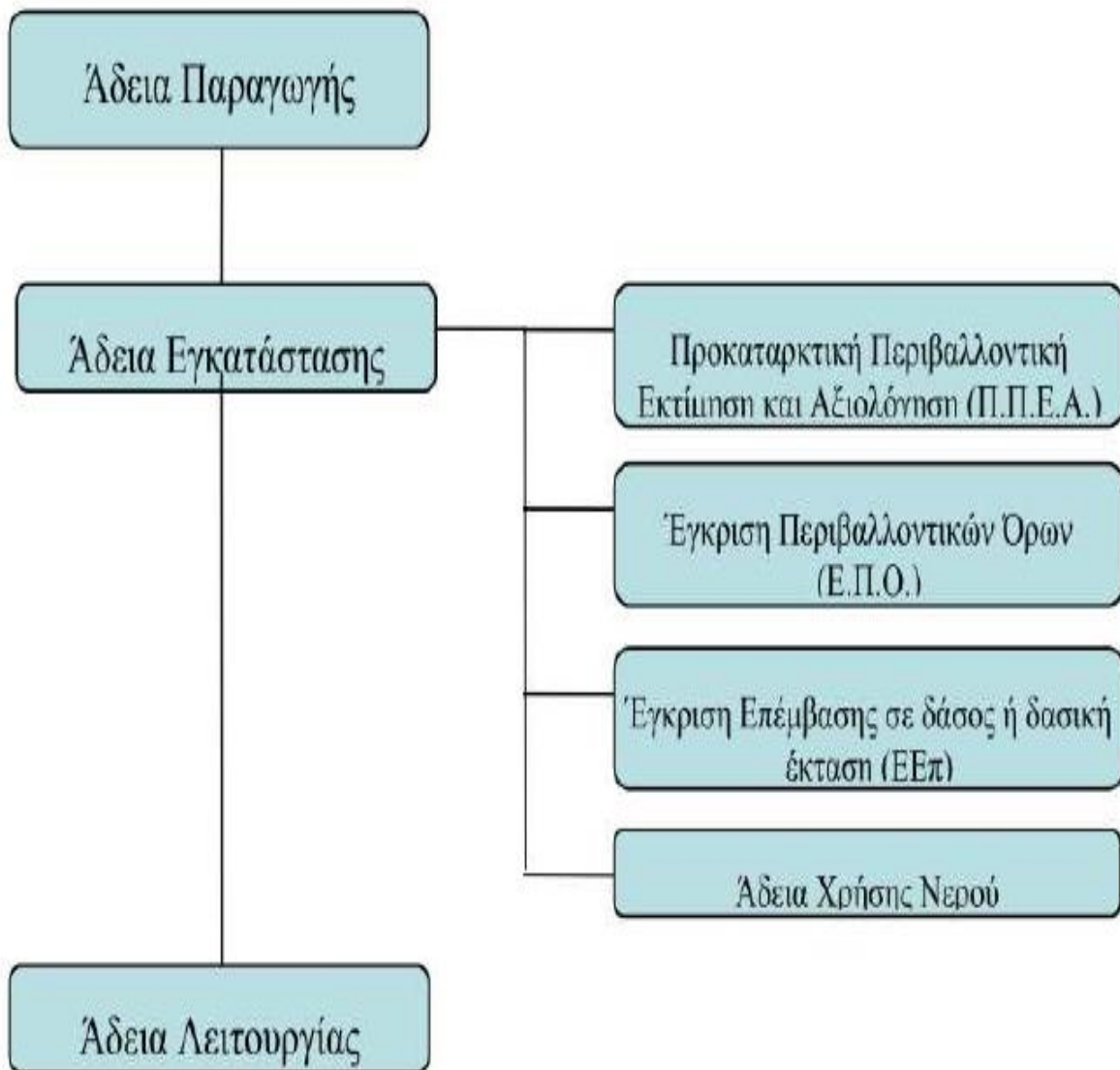
Νομοθετήματα	Φ.Ε.Κ.	Περιγραφή
N. 1559/1985	A 135	Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις.
N. 2244/1994	A 168	Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις.
N. 2773/1999	A 286	Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας - Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις.
N. 2941/2001	A 201	Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιριών, αδειοδότηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ρύθμιση των θεμάτων της Α.Ε. "Ελληνικά Ναυπηγεία" και άλλες διατάξεις.
Υ.Α. 8989/2001	B 654	Έγκριση του Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος.
Υ.Α. Δ5/ΗΛ/Φ1/2001		Έγκριση του Κώδικα Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας.
Υ.Α. 2000/2002	B 158	Διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών και τύποι συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας.
N. 3017/2002	A 117	Κύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο στη Σύμβαση - πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος.
K.Υ.Α. 1726/2003	B 552	Διαδικασία προκαταρκτικής εκτίμησης και αξιολόγησης, έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, καθώς και έγκρισης επέμβασης ή παραχώρησης δάσους ή δασικής έκτασης στα πλαίσια της έκδοσης άδειας εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.
N. 3175/2003	A 207	Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση και άλλες διατάξεις.
N. 3468/2006	A 129	Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις.
K.Υ.Α 104247/2006	B 663	Διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.) έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) σύμφωνα με το άρθρο 4 του ν. 1650/1986, όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 2 του ν. 3010/2002.

Και παρακάτω θα δείτε και πάλι με την μορφή πίνακα την νομοθεσία για τα Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα συγκεκριμένα

Νομοθετήματα	Φ.Ε.Κ.	Περιγραφή
Ν. 1650/1986	A 160	Για την προστασία του περιβάλλοντος.
Ν. 1739/1987	A 201	Διαχείριση υδατικών πόρων και άλλες διατάξεις.
Π.Δ. 256/1989	A 121	Άδεια χρήσης νερού.
Υ.Α. 5813/1989	B 383	Άδεια εκτέλεσης έργου αξιοποίησης υδατικών πόρων από νομικά πρόσωπα ιδιωτικού δικαίου, που δεν περιλαμβάνονται στον Δημόσιο τομέα και από φυσικά πρόσωπα.
Υ.Α. 12160/1999	B 1552	Διαδικασία επιλογής υποψηφίων ηλεκτροπαραγωγών για έκδοση αδειών αποκατάστασης μικρών υδροηλεκτρικών έργων με τη βέλτιστη αξιοποίηση του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού της χώρας.
Ν. 2854/2000	A 243	Δικαστική προστασία σε συμβάσεις ύδατος, ενέργειας.
Π.Δ. 57/2000	A 45	Προμήθειες σε τομείς ύδατος, ενέργειας, τηλεπικοινωνιών κλπ.
Υ.Α. 4859/2001	B 253	Περιορισμοί για την προστασία του υδατικού περιβάλλοντος.
Ν. 3010/2002	A 91	Εναρμόνιση του Ν. 1650/1986 με τις Οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/61/ΕΕ, διαδικασία οριοθέτησης και ρυθμίσεις θεμάτων για τα υδατορεύματα και άλλες διατάξεις.
Ν. 3199/2003	A 280	Προστασία και διαχείριση των υδάτων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου.

### 2.3 Διαδικασίες Αδειοδότησης Μ.Υ.Η.Ε.

Παρακάτω περιγράφονται οι διαδικασίες αδειοδότησης ενός Μ.Υ.Η.Ε.. Παρουσιάζονται οι απαιτούμενες ενέργειες και ο χρονικός προγραμματισμός για την έκδοση αδειών παραγωγής, εγκατάστασης και λειτουργίας, καθώς και των επιμέρους απαιτούμενων αδειών και γνωμοδοτήσεων. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται διαγραμματικά η τυπική πορεία ανάπτυξης – υλοποίησης ενός Μ.Υ.Η.Ε.



### **2.3.1. ΈΚΔΟΣΗ ΑΔΕΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

Οι διαδικασίες για την έκδοση άδειας παραγωγής καθορίζονται από τις διατάξεις του Ν. 3468/2006 και τον «Κανονισμό Αδειών Παραγωγής και Προμήθειας Ηλεκτρικής Ενέργειας» της Ρ.Α.Ε ( Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας).

Προκειμένου για την έκδοση Άδειας Παραγωγής Η/Ε από Μ.Υ.Η. Σταθμό πρέπει να υποβληθεί αντίστοιχη αίτηση στη Ρ.Α.Ε., η οποία είναι υποχρεωμένη εντός διαστήματος 4 μηνών να υποβάλει τη γνώμη της στον Υπουργό Ανάπτυξης. Ο Υπουργός Ανάπτυξης εκδίδει τη σχετική απόφαση εντός 15 ημερών από την υποβολή, σε αυτόν, της εισήγησης της Ρ.Α.Ε..

Ο φάκελος υποβολής στη Ρ.Α.Ε. πρέπει να περιλαμβάνει, συνοπτικά, τα ακόλουθα στοιχεία:

- Νομική υπόσταση, διοικητική και οργανωτική δομή του αιτούντος, καθώς και οικονομικά στοιχεία των τελευταίων 3 ετών.
- Συνοπτική παρουσίαση του Επιχειρηματικού Σχεδίου για τα επόμενα 5 έτη, που περιλαμβάνει στοιχεία για τη θέση και ενδεικτικά τεχνικά στοιχεία της εγκατάστασης, οικονομικά μεγέθη του έργου και χρονοδιάγραμμα κατασκευής και λειτουργίας.
- Μελέτη σκοπιμότητας που περιλαμβάνει τεχνική περιγραφή του έργου, προκαταρκτική εκτίμηση του τρόπου και κόστους σύνδεσης με το Σύστημα, προκαταρκτική εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, προγραμματισμό του ενεργειακού και οικονομικού ισοζυγίου του έργου, σχεδιασμό για εκπλήρωση υποχρεώσεων κοινής ωφέλειας και λεπτομερή στοιχεία που τεκμηριώνουν την ένταξη της μονάδας σε ολοκληρωμένο σχεδιασμό ανάπτυξης και ενεργειακής διαχείρισης του υδάτινου δυναμικού της οικείας ενεργειακής λεκάνης.
- Συνοπτικός χρηματοοικονομικός προγραμματισμός για το έργο που θα παρέχει την προβλεπόμενη ταμειακή ροή.

Τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη για την έκδοση θετικής ή αρνητικής γνωμοδότησης της Ρ.Α.Ε. είναι τα εξής:

- Η ασφάλεια και προστασία του Συστήματος, του \_δικτύου, των εγκαταστάσεων παραγωγής και του συνδεδεμένου εξοπλισμού.
- Η προστασία του περιβάλλοντος.
- Η αποδοτική παραγωγή και χρήση Η/Ε.
- Οι τεχνικές, οικονομικές και χρηματοδοτικές δυνατότητες του αιτούντος.
- Η ωριμότητα υλοποίησης του έργου, σύμφωνα με τις εκπονηθείσες μελέτες.
- Ο μακροπρόθεσμος ενεργειακός σχεδιασμός της χώρας.
- Η προστασία των καταναλωτών.

Προκειμένου για την έκδοση γνώμης σύμφωνα με τα ως άνω κριτήρια, η Ρ.Α.Ε. μπορεί να συνεργάζεται με τον διαχειριστή του Συστήματος και να διαβιβάζει την Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Π.Π.Ε.) στην αρμόδια υπηρεσία για την περιβαλλοντική αδειοδότηση, η οποία είναι υποχρεωμένη να διατυπώνει την εισήγησή της εντός 60 ημερών.

Η χορηγούμενη άδεια παραγωγής έχει διάρκεια 25 ετών με δυνατότητα ανανέωσης μέχρι ίσο χρόνο. Εάν εντός 24 μηνών δεν έχει χορηγηθεί άδεια εγκατάστασης, με υπαιτιότητα του αδειούχου, η άδεια παραγωγής ανακαλείται.

### 2.3.2 ΈΚΔΟΣΗ ΑΔΕΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Οι κύριες διαδικασίες για την έκδοση άδειας εγκατάστασης καθορίζονται από τις διατάξεις του Ν 3468/2000 και την ΥΑ 2000/2002, καθώς και από την ΚΥΑ 104247/2006 για την περιβαλλοντική αδειοδότηση. Αρμόδιος για την έκδοση άδειας εγκατάστασης είναι ο Γενικός Γραμματέας της οικείας περιφέρειας, ο οποίος οφείλει να προβεί στην έκδοσή της εντός αποκλειστικής προθεσμίας 15 ημερών από την υποβολή των απαραίτητων δικαιολογητικών.

Τα βασικά απαιτούμενα γενικά δικαιολογητικά για την υποβολή του φακέλου που συνοδεύει την αίτηση για έκδοση άδειας εγκατάστασης είναι τα εξής:

- Συνοπτική μελέτη – περιγραφή του έργου συνοδευόμενη από τοπογραφικό διάγραμμα κλίμακας 1:5.000 θεωρημένα από τη Ρ.Α.Ε..
- Νόμιμο αποδεικτικό στοιχείο αποκλειστικής χρήσης του χώρου εγκατάστασης του σταθμού δυνάμει εμπράγματος δικαιώματος ή ενοχικής σχέσης.
- Θεωρημένο αντίγραφο κάθε επιμέρους σχετικής έγκρισης που εκδίδεται από δημόσια αρχή, εάν αυτή δεν κοινοποιείται υπηρεσιακά στην Αδειοδοτούσα Αρχή.
- Υπεύθυνη δήλωση του ιδιοκτήτη του σταθμού και του μελετητή για ανάθεση και ανάληψη της μελέτης εγκατάστασης αντίστοιχα.
- Παραστατικά πληρωμής φόρων, κρατήσεων, τελών κλπ.

Τα ειδικά δικαιολογητικά που πρέπει να συμπεριληφθούν στο φάκελο της αίτησης και αφορούν τα Μ.Υ.Η.Ε. είναι τα εξής:

- Σε περίπτωση σύνδεσης σταθμού στο Σύστημα ή σε \_δίκτυο τα αναγκαία στοιχεία για τη διατύπωση προσφοράς σύνδεσης του σταθμού (Τοπογραφικό διάγραμμα 1:50.000, διάγραμμα κάλυψης 1:200~500, περιγραφή Η/Μ εγκαταστάσεων κ.λπ.).
- Φάκελος μελέτης προέγκρισης χωροθέτησης για την εξέταση έκδοσης απόφασης χωροθέτησης σταθμού για έργα ΑΙΙ κατηγορίας.
- Φάκελος μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων, για την εξέταση έκδοσης απόφασης έγκρισης περιβαλλοντικών όρων.
- Άδεια χρήσης νερού και, εφόσον ο αιτών είναι νομικό πρόσωπο που δεν υπάγεται στον ευρύτερο δημόσιο τομέα, άδεια εκτέλεσης έργου αξιοποίησης υδατικών πόρων, σύμφωνα με τις διατάξεις του Ν. 1739/1987.

Η χορηγούμενη άδεια εγκατάστασης έχει διάρκεια ισχύος 2 έτη και μπορεί να παραταθεί για ίσο χρόνο, εφόσον:

- Κατά τη λήξη της διετίας έχει εκτελεστεί έργο, οι δαπάνες του οποίου καλύπτουν το 50% της επένδυσης.
- Δεν έχει γίνει έναρξη εκτέλεσης του έργου για λόγους που, αποδεδειγμένα, δεν οφείλονται σε υπαιτιότητα του κατόχου της άδειας εγκατάστασης και με την προϋπόθεση ότι έχουν συναφθεί οι απαραίτητες συμβάσεις για την προμήθεια του απαραίτητου εξοπλισμού. Η σύναψη των συμβάσεων δεν απαιτείται αν υφίσταται δικαστική αναστολή εκτέλεσης της άδειας εγκατάστασης.

Στη συνέχεια της παραγράφου περιγράφονται οι διαδικασίες για τις επιμέρους εγκρίσεις που απαιτούνται στα πλαίσια έκδοσης άδειας εγκατάστασης. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται όλες οι επιμέρους απαιτούμενες εγκρίσεις – γνωμοδοτήσεις προκειμένου για την έκδοση άδειας εγκατάστασης.

Έγκριση - Γνωμοδότηση	Αρμόδιος Φορέας	Χρήση	Περιεχόμενο - Έλεγχος
Π.Π.Ε.Α.	Ε.Υ.Π.Ε. ή ΔΙ.Π.Ε.ΧΩ. ή Νομαρχία	Έκδοση Άδειας Εγκατάστασης	Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση και Αξιολόγηση
Γνωμοδότηση	Δασαρχείο	Έγκριση Π.Π.Ε.Α.	Κατάταξη της έκτασης, έλεγχος αν είναι αναδασωτέα, προστατευόμενη κλπ.
»	Πολεοδομική Υπηρεσία	»	Εξέταση αν η έκταση βρίσκεται εντός Ζώνης Οικιστικού Ελέγχου (Ζ.Ο.Ε.) ή Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου (Γ.Π.Σ.), απόσταση από όρια οικισμών.
»	ΟΤΕ	»	Διερεύνηση αν επηρεάζεται η λειτουργία παρακείμενων ή κοντινών εγκαταστάσεων.
»	Εφορείες Αρχαιοτήτων και Νεοτέρων Μνημείων	»	Διερεύνηση αν η έκταση βρίσκεται εντός αρχαιολογικού χώρου ή χώρου μνημείου και επιβολή όρων παρακολούθησης εκσκαφικών εργασιών.
»	ΓΓΕΘΑ	»	Διερεύνηση αν επηρεάζεται η ασφάλεια κοντινών στρατιωτικών εγκαταστάσεων.
»	ΕΟΤ	»	Διερεύνηση αν επηρεάζεται η λειτουργία τουριστικών εγκαταστάσεων ή σχεδίων τουριστικής ανάπτυξης.
»	ΟΡΣΑ ή ΟΡΣΘ	»	
ΕΠΟ	Περιφέρεια	Έκδοση Άδειας Εγκατάστασης	Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων.
Γνωμοδότηση	Νομαρχιακό Συμβούλιο	ΕΠΟ	
»	ΟΡΣΑ ή ΟΡΣΘ	»	
ΕΕΠ	Περιφέρεια	Έκδοση Άδειας Εγκατάστασης	Έγκριση Επέμβασης σε δασική έκταση.
Γνωμοδότηση	Δασαρχείο	ΕΕΠ	Κατάταξη της έκτασης, έλεγχος αν είναι αναδασωτέα, προστατευόμενη κλπ.
Άδεια Χρήσης Νερού	ΥΠΙΑΝ	Έκδοση Άδειας Εγκατάστασης	Άδεια χρήσης νερού και εκτέλεσης έργου αξιοποίησης υδατικών πόρων.



### **2.3.3 ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ (Π.Π.Ε.Α.)**

Αρμόδια Υπηρεσία για την Π.Π.Ε.Α. είναι, για Μ.Υ.Η.Ε. με μήκος αγωγού προσαγωγής μεγαλύτερο από 3 χιλιόμετρα η Ειδική Υπηρεσία Περιβάλλοντος (Ε.Υ.ΠΕ.) του Υ.ΠΕ.ΧΑ.Δ.Ε., για μήκος αγωγού μεταξύ 1~3 χιλιόμετρα η Διεύθυνση Περιβάλλοντος και Χωροταξίας (Δι.ΠΕ.ΧΑ.) της οικείας Περιφέρειας και, για μήκος αγωγού μικρότερου του 1 χιλιόμετρου η αρμόδια Υπηρεσία Περιβάλλοντος της οικείας Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης. Ελλάδας (Ο.Τ.Ε.), των αρμοδίων Εφορειών Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων, Βυζαντινών Αρχαιοτήτων και Νεοτέρων Μνημείων, της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας (Υ.Π.Α.), του Γενικού Επιτελείου Εθνικής Άμυνας (Γ.Ε.ΕΘ.Α.), του Ελληνικού Οργανισμού Τουρισμού (Ε.Ο.Τ.) και των Οργανισμών Ρυθμιστικού. Ο φάκελος αίτησης που θα υποβληθεί στην κατά περίπτωση αρμόδια υπηρεσία πρέπει να περιλαμβάνει τα εξής :

- Τεχνική Περιγραφή Έργου – Περιλαμβάνει τα στοιχεία ταυτοποίησης του έργου, τη γεωγραφική του θέση, τα βασικά στοιχεία σχεδιασμού, το είδος και έκταση επέμβασης και τα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης των επιπτώσεων.
- Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Π.Π.Ε.) – Περιλαμβάνει γενική περιγραφή του έργου, της εφαρμοζόμενης τεχνολογίας, των υφιστάμενων επί τόπου συνθηκών, των επιπτώσεων επί του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος, τις ενδεχόμενες εναλλακτικές λύσεις, τα οφέλη για το σύνολο, τα αναγκαία μέτρα μετά την παύση λειτουργίας κλπ.
- Χάρτες και Φωτογραφικό Υλικό – Τοπογραφικοί χάρτες κλίμακας 1:50.000 και 1:5.000 που θα αποτυπώνουν τη θέση και έκταση του έργου και φωτογραφίες από τη θέση εγκατάστασης και χαρακτηριστικά σημεία της ευρύτερης περιοχής.

Για την έκδοση της έγκρισης Π.Π.Ε.Α. είναι επίσης αναγκαίες οι θετικές γνωμοδοτήσεις του αρμόδιου δασαρχείου (ή της διεύθυνσης Δασών αν δεν υφίσταται Δασαρχείο), της αρμόδιας Πολεοδομικής Υπηρεσίας, του Οργανισμού Τηλεπικοινωνιών Σχεδίου και Προστασίας

Περιβάλλοντος, εφόσον το έργο πρόκειται να εγκατασταθεί σε περιοχή δικαιοδοσίας των εν λόγω οργανισμών.

Εντός προθεσμίας 10 εργάσιμων ημερών η αρμόδια για την Π.Π.Ε.Α. υπηρεσία οφείλει να διαβιβάσει το φάκελο στους γνωμοδοτούντες φορείς, οι οποίοι πρέπει εντός 15 εργάσιμων ημερών να εκδώσουν τη σχετική απόφαση. Η απόφαση περιβαλλοντικής

αδειοδότησης για την Π.Π.Ε.Α. χορηγείται σε διάστημα 5 εργάσιμων ημερών από την παραλαβή των ως άνω γνωμοδοτήσεων.

### **2.3.4 ΈΓΚΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΌΡΩΝ (Ε.Π.Ο.)**

Όσον αφορά την αρμόδια υπηρεσία για την Ε.Π.Ο. ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο για την έγκριση της Π.Π.Ε.Α.. Ο συνοδευτικός της αίτησης φάκελος περιλαμβάνει την πλήρη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.) του έργου, στην οποία αναλύονται εκτενέστερα το σύνολο των στοιχείων που αναφέρονται στην Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Π.Π.Ε.Α.). Εφόσον κατά την εξέταση της Π.Π.Ε.Α., η αδειοδοτούσα υπηρεσία κρίνει ότι το συγκεκριμένο

έργο δεν προκαλεί σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, η Π.Π.Ε. μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την έκδοση της Ε.Π.Ο.

Για την Ε.Π.Ο. είναι απαραίτητη η θετική γνωμοδότηση του Νομαρχιακού Συμβουλίου της οικείας Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης και των Οργανισμών Ρυθμιστικού Σχεδίου και Προστασίας Περιβάλλοντος, εφόσον το έργο πρόκειται να εγκατασταθεί σε περιοχή δικαιοδοσίας των εν λόγω οργανισμών. Οι προθεσμίες που ισχύουν για την Ε.Π.Ο. όσον αφορά την αδειοδοτούσα αρχή είναι ίδιες με αυτές της Π.Π.Ε.Α.. Οι γνωμοδοτούντες φορείς σε αυτή την περίπτωση όμως, έχουν στη διάθεσή τους 35 εργάσιμες ημέρες για την εξέταση της Μ.Π.Ε. και την έκδοση της σχετικής απόφασης. Η χορηγούμενη Ε.Π.Ο. ισχύει για 10 έτη και μπορεί να ανανεώνεται μέχρι ίσο χρόνο κάθε φορά.

### **2.3.5 ΈΓΚΡΙΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (Ε.ΕΠ.) ΣΕ ΔΑΣΟΣ Η ΔΑΣΙΚΗ ΕΚΤΑΣΗ**

Αρμόδιος για την έκδοση της Ε.Επ. είναι ο Γενικός Γραμματέας της οικείας Περιφέρειας, ο οποίος οφείλει σε διάστημα 40 ημερών από την παράδοση της σχετικής αίτησης και του φακέλου και, με τη σύμφωνη γνώμη του αρμόδιου Δασαρχείου να εκδώσει την απόφαση. Προϋπόθεση για τη χορήγηση Ε.Επ. είναι η Ε.Π.Ο. του συγκεκριμένου έργου. Τα περιεχόμενα του φακέλου για την Ε.Επ. είναι η Τεχνική Περιγραφή Έργου, οι χάρτες και φωτογραφικό υλικό, όπως αυτά ορίζονται για το φάκελο της Π.Π.Ε.Α..

### **2.3.6 ΆΔΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ – ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΈΡΓΟΥ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ**

Σύμφωνα με το Π.Δ. 256/1989 είναι δυνατό να χορηγηθεί ενιαία άδεια για χρήση νερού και εκτέλεση έργου αξιοποίησης υδατικών πόρων, με τη διαδικασία που ορίζεται στο Ν. 1739/1987. Αρμόδια αρχή για την έκδοση της άδειας είναι το ΥΠ.ΑΝ., το οποίο υποχρεούται στην έκδοση της σχετικής απόφασης σε διάστημα 2μηνών από την κατάθεση των απαιτούμενων δικαιολογητικών. Τα περιεχόμενα του συνοδευτικού της αίτησης φακέλου είναι τα εξής:

- Τοπογραφικό διάγραμμα, κατάλληλης κλίμακας, που θα παρουσιάζει την περιοχή εκτέλεσης του έργου και χρήσης νερού και της χρήσεις γης σε ακτίνα 200 μέτρων από την περιοχή εκτέλεσης του έργου.
- Αντίγραφο ιδιωτικού συμφωνητικού, σε περίπτωση χρήσης νερού από χώρο ξένης ιδιοκτησίας, εφόσον απαιτείται.
- Νόμιμη εξουσιοδότηση εκπροσώπησης, σε περίπτωση που ο αιτών εκπροσωπεί νομικό πρόσωπο ιδιωτικού δικαίου ή συλλογικό όργανο.
- Γενική περιγραφή του έργου.
- Επαρκή στοιχεία μελέτης στα οποία αναλύεται η ποιοτική και ποσοτική κατάσταση των υδατικών πόρων, πριν και μετά την εκτέλεση του έργου.

### **2.3.7 ΈΚΔΟΣΗ ΆΔΕΙΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

Η άδεια λειτουργίας χορηγείται μετά από σχετική αίτηση, όπως και η άδεια εγκατάστασης, από το Γενικό Γραμματέα της οικείας Περιφέρειας, ο οποίος υποχρεούται στην έκδοσή της εντός αποκλειστικής προθεσμίας 15 ημερών από την ολοκλήρωση των απαιτούμενων τεχνικών ελέγχων. Η άδεια λειτουργίας έχει διάρκεια ισχύος 20 έτη και μπορεί να ανανεώνεται μέχρι ίσο χρονικό διάστημα Τα δικαιολογητικά του συνοδευτικού της αίτησης φακέλου είναι:

- Επικυρωμένο αντίγραφο της σύμβασης σύνδεσης στο Σύστημα ή στο δίκτυο, μεταξύ Παραγωγού και Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. ή Δ.Ε.Η. Α.Ε. αντίστοιχα.

- Επικυρωμένο αντίγραφο της σύμβασης αγοραπωλησίας Η/Ε μεταξύ Παραγωγού και Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. ή Δ.Ε.Η. Α.Ε., ανάλογα με το αν η παραγόμενη ενέργεια διοχετεύεται στο Σύστημα ή στο δίκτυο αντίστοιχα.
- Βεβαίωση του Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. ή της Δ.Ε.Η. Α.Ε. περί ολοκλήρωσης των κατασκευών του δικτύου σύνδεσης και των λοιπών αναγκαίων εγκαταστάσεων, σύμφωνα με τις ελάχιστες προδιαγραφές που ορίζονται στη σύμβαση σύνδεσης.
- Νόμιμα θεωρημένο αντίγραφο της οικοδομικής άδειας του σταθμού παραγωγής.
- Πιστοποιητικό της αρμόδιας Υπηρεσίας του Πυροσβεστικού Σώματος, ότι έχουν ληφθεί όλα τα απαραίτητα μέτρα πυρασφάλειας σύμφωνα με τις υποδείξεις της.
- Έκθεση αυτοψίας της Αδειοδοτούσας Αρχής, με την οποία βεβαιώνεται η τήρηση των όρων και περιορισμών της άδειας εγκατάστασης.
- Υπεύθυνη δήλωση του φορέα του έργου ότι έχουν τηρηθεί οι όροι της απόφασης Ε.Π.Ο. και ότι θα τηρούνται και κατά τη διάρκεια λειτουργίας.
- Λοιπές υπεύθυνες δηλώσεις του ιδιοκτήτη, του επιβλέποντος μηχανικού και του μηχανικού επίβλεψης της λειτουργίας του έργου. Πριν την έκδοση της άδειας λειτουργίας και μετά την αποπεράτωση των εγκαταστάσεων του σταθμού, γίνεται προσωρινή σύνδεση του σταθμού στο Σύστημα ή σε δίκτυο για την εκτέλεση των απαιτούμενων δοκιμών των εγκαταστάσεων, για διάστημα έως 4 μηνών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑ

### 3.1 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ

Η αρχή λειτουργίας των Μ.Υ.Η.Ε. βασίζεται στην εκμετάλλευση της δυναμικής ενέργειας των επιφανειακών νερών, με μετατροπή της αρχικά σε κινητική και εν συνεχεία σε ηλεκτρική ενέργεια, σύμφωνα με τους νόμους των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Η ισχύς λειτουργίας, δηλαδή ο ρυθμός παραγωγής ενέργειας, της εγκατάστασης υπολογίζεται από τη σχέση :

$$I = n * \rho * g * Q * H_n$$

όπου:

I η ισχύς λειτουργίας (KW)

n ο βαθμός απόδοσης

$\rho$  η πυκνότητα του νερού

g η επιτάχυνση της βαρύτητας ( $\approx 9.81 \text{ m/s}^2$ )

Q η διερχόμενη από τον στρόβιλο παροχή ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$H_n$  το καθαρό ύψος πτώσης, αφού αφαιρεθούν οι γραμμικές και τοπικές απώλειες (m)

Η παραγόμενη ενέργεια σε χρονικό διάστημα  $\Delta t$  υπολογίζεται με χρονική ολοκλήρωση της ισχύος λειτουργίας, σύμφωνα με τη σχέση:

$$E = \int_{t=0}^{\Delta t} I * dt$$

όπου:

E η παραγόμενη ενέργεια σε χρονικό διάστημα  $\Delta t$  (KWh)

I η ισχύς λειτουργίας για κάθε στοιχειώδες χρονικό διάστημα dt (KW)

dt το στοιχειώδες χρονικό διάστημα, για το οποίο η ισχύς θεωρείται σταθερή (h)

Η εγκατάσταση ενός Μ.Υ.Η.Ε. αξιοποιεί τη φυσική πτώση των επιφανειακών υδάτων, μέσω ενός υπό πίεση υδραυλικού συστήματος που διοχετεύει το νερό στο στρόβιλο.

### 3.2 ΚΑΜΠΥΛΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ

Οι μέσες ημερήσιες (ή μηνιαίες) μετρήσεις της παροχής ενός υδατορρέυματος δεν αποτελούν τυχαίες και ανεξάρτητες παρατηρήσεις. Αυτό συμβαίνει επειδή οι παροχές τη μία ημέρα έχουν σημαντικό βαθμό συσχέτισης με την παροχή της προηγούμενης. Ως εκ τούτου δεν υπάρχει κάποια θεωρητική κατανομή στην οποία θα μπορούσε να γίνει προσαρμογή του δείγματος των μετρήσεων παρά διατίθεται μόνο η εμπειρική κατανομή της συμπληρωματικής πιθανότητας εμφάνισης. Την εμπειρική αυτή κατανομή προσεγγίζουμε με τη Καμπύλη Διάρκειας Παροχής (ΚΔΠ). Η καμπύλη διάρκειας παροχών είναι ουσιαστικό εργαλείο για τον ενεργειακό ή άλλο σχεδιασμό σε μια θέση ρεύματος. Παριστάνει επί οριζόντιου άξονος, για δεδομένη τιμή της παροχής επί του κατακόρυφου άξονος, το ποσοστό (ή την διάρκεια) του χρόνου κατά τον οποίο η παροχή του ρεύματος τηρείται μεγαλύτερη ή ίση της τιμής αυτής. Με

αλλά λόγια είναι μια καμπύλη συμπληρωματικής αθροιστικής σχετικής συχνότητας. Το δείγμα από τα στοιχεία του οποίου κατασκευάζεται η καμπύλη διαρκείας είναι μια χρονοσειρά από παροχές που ορίζονται σε χρονικά διαστήματα δεδομένου εύρους. Το συνηθέστερο διάστημα είναι η ημέρα, οπότε τα στοιχεία του δείγματος είναι μέσες ημερήσιες παροχές. Η χρονική αυτή κλίμακα των δεδομένων ( και της καμπύλης) είναι η κατάλληλη για παροχές που παρουσιάζουν υψηλή διακύμανση και πρόκειται να αξιοποιηθούν από έργο χωρίς δυνατότητα ρύθμισης. Αντικειμενικός σκοπός της κατασκευής ενός ΜΥΗΕ είναι η παραγωγή ενέργειας χρησιμοποιώντας σαν κινητήρια δύναμη το νερό. Η παραγόμενη όμως ενέργεια  $E$ , είναι ανάλογη της διερχόμενης από τις μονάδες παροχής νερού  $Q$ , λαμβάνοντας υπόψη ότι ισχύει η σχέση  $E=n*\gamma*Q*H$ . Συνεπώς, είναι ανάγκη να γνωρίζουμε εκ των προτέρων τη συμπεριφορά της  $Q$  στο χρόνο, δηλαδή το  $Q(t)$ . Ειδικότερα: Θέλουμε να γνωρίζουμε για κάθε δοθείσα τιμή που μπορεί να λάβει η παροχή, το ποσοστό του χρόνου κατά τον οποίο η παροχή διατηρείται σε τιμές μεγαλύτερες της δοθείσας. Γνωρίζοντας αυτό μπορούμε να προσδιορίσουμε την παροχή σχεδιασμού του έργου.

Την παροχή  $Q$  την αντιμετωπίζουμε σαν μια τυχαία μεταβλητή που ακολουθεί κάποια κατανομή. Την κατανομή αυτή προσεγγίζουμε με την Καμπύλη Διαρκείας Παροχών που είναι μια αθροιστική συνάρτηση κατανομής της συμπληρωματικής πιθανότητας.

### 3.2.1 ΚΑΜΠΥΛΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΠΑΡΟΧΩΝ: ΒΑΣΙΚΗ ΠΑΡΑΔΟΧΗ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΑΣ

•**Παραδοχή:** Οι παράμετροι της κατανομής παραμένουν σταθερές στο χρόνο και επομένως, σταθερή παραμένει και η καμπύλη διαρκείας.

•**Κανόνας:** Η παροχή ως μεταβλητή παρουσιάζει ετήσια κυκλικότητα. Για τον λόγο αυτό η καμπύλη διαρκείας εφαρμόζεται πάντα σε ακέραιο πλήθος περιόδων (ετών) και ποτέ κάτω του έτους.

### 3.2.2 ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΤΗΣ ΚΔΠ

•**Μέση τιμή:** Για τα ελληνικά ρεύματα βρίσκεται συνήθως στο 30% με 35% του χρόνου

•**Διάμεσος τιμή:** Η τιμή παροχής με πιθανότητα υπέρβασης 50%

•**Διερχόμενος όγκος:** Το εμβαδόν που περικλείεται μεταξύ της ΚΔΠ και των αξόνων εκφράζει τον όγκο νερού που διήλθε σε συγκεκριμένο αριθμό ετών. Αν δε εφαρμόσουμε το 100% των συχνοτήτων στη μονάδα του χρόνου που είναι το έτος, τότε έχουμε τον μέσο ετησίως διερχόμενο όγκο νερού

### 3.2.3 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ & ΔΕΣΜΕΥΣΕΙΣ

•Για λόγους αξιοποίησης του πόρου υπάρχει η υποχρέωση εκμετάλλευσης του 75% του διερχόμενου όγκου νερού (Βαθμός Ενεργειακής Αξιοποίησης ΒΕΑ)

•Υπάρχει υποχρέωση απελευθέρωσης όλο το χρόνο ποσότητας νερού για τη διατήρηση του οικοσυστήματος. Αυτή είναι η οικολογική παροχή ίση

προς το 30% της μέσης παροχής Ιουνίου-Ιουλίου-Αυγούστου ή το 50% του Σεπτεμβρίου (Το μεγαλύτερο από τα δύο)

### 3.2.4 ΒΑΣΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΔΠ ΑΠΟ ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- Η εκπροσώπηση των μηνών του έτους στο δείγμα πρέπει να είναι αμερόληπτη και περίπου ισοβαρής
  - Το ίδιο ισχύει και για την εκπροσώπηση των υδρολογικών ετών στο δείγμα
- Σε διαφορετική περίπτωση, η ΚΔΠ που θα προκύψει δεν θα είναι αντιπροσωπευτική και θα οδηγηθούμε σε εσφαλμένο σχεδιασμό του έργου

### 3.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ Μ.Υ.Η.Ε.

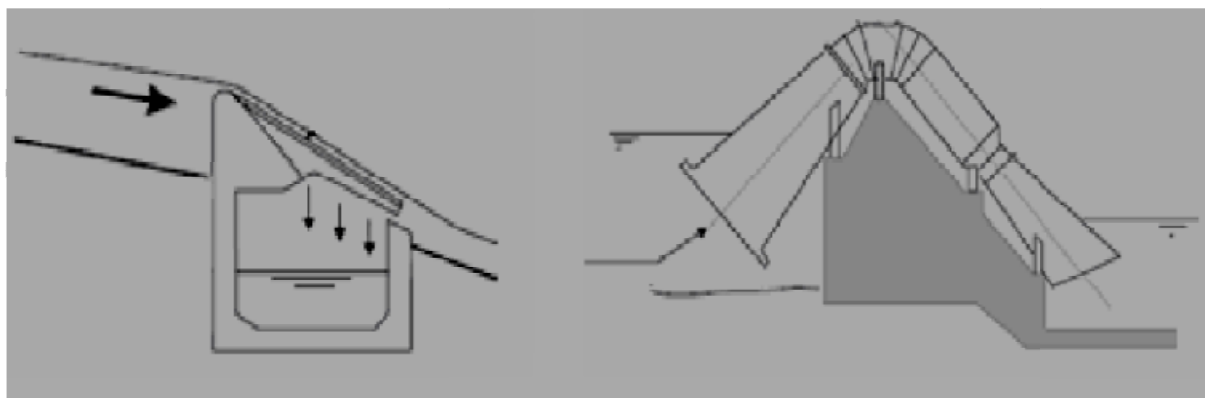
Οι κύριοι παράγοντες με βάση τους οποίους επιλέγεται η θέση εγκατάστασης ενός μικρού υδροηλεκτρικού εργοστασίου είναι οι ακόλουθοι:

- Παροχή του ποταμού: Είναι εξαιρετικά αναγκαίο να υπάρχει πλήρης μελέτη παροχής του ποταμού. Οι εποχιακές διακυμάνσεις του ποταμού είναι ένας άλλος εξίσου σημαντικός παράγοντας που θα πρέπει οπωσδήποτε να ληφθεί υπόψη.
- Ύψος πτώσεως: Το ύψος πτώσεως εξαρτάται από την γεωμετρία του χώρου εγκατάστασης του υδροηλεκτρικού έργου.
- Εκτίμηση διαθέσιμης ισχύος: Η θεωρητική ισχύς που μπορεί να ληφθεί από 1 lt/sec που πέφτει από ύψος 1 m είναι 9,81 Watts. Έτσι για παροχή 1 m<sup>3</sup>/sec η θεωρητική ισχύς που λαμβάνεται είναι 9810 Watts. Εάν Q είναι η παροχή σε m<sup>3</sup>/sec, H<sub>n</sub> είναι το πραγματικό ύψος πτώσεως σε m, ρ είναι η πυκνότητα του νερού, g η επιτάχυνση της βαρύτητας, η η ολική απόδοση του στροβίλου και της γεννήτριας, τότε η λαμβανόμενη ισχύς από τον στρόβιλο είναι:  $I = \eta \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_n$

### 3.4 ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ

Το πρώτο εν σειρά, από ανάντη, έργο είναι το τεχνικό υδροληψίας με το οποίο αποσπάται η ενεργειακά εκμεταλλεύσιμη παροχή από το φυσικό υδατόρευμα ή, γενικότερα από την πηγή ύδατος. Οι κύριοι τύποι υδροληψίας είναι η ορεινή (tyrolean intake), η πλευρική (side intake) και η υδροληψία τύπου σίφωνα (siphon intake). Οι δύο πρώτοι τύποι εφαρμόζονται συνήθως όταν το νερό προέρχεται από φυσικό υδατόρευμα, ενώ ο τρίτος εφαρμόζεται σε περιπτώσεις αξιοποίησης νερού από υφιστάμενο ταμιευτήρα ή κανάλι.

Στο Σχήμα παρουσιάζονται μία τυπική τομή υδροληψίας ορεινού τύπου και τύπου σίφωνα.



Μία σημαντική ειδοποιός διαφορά των Μ.Υ.Η.Ε. από τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα, εκτός του τυπικού ορίου των 10 MW εγκατεστημένης ισχύος, έγκειται στον τρόπο λειτουργίας της υδροληψίας. Ο αναβαθμός που κατασκευάζεται στις υδροληψίες των Μ.Υ.Η.Ε. έχει πολύ μικρό ύψος (με επίπεδο αναφοράς την υφιστάμενη κοίτη κυμαίνεται στο διάστημα 0-5 m) και δε στοχεύει στην αναρρύθμιση της φυσικής απορροής με τη δημιουργία ταμιευτήρα, αλλά στη διαμόρφωση κατάλληλων συνθηκών για τη διοχέτευση της απαιτούμενης παροχής στο σύστημα προσαγωγής. Η υδροληψία είναι σχεδιασμένη ώστε ένα μέρος της παροχής (οικολογική παροχή) να αποδίδεται απευθείας στο φυσικό υδατόρευμα, προκειμένου να διατηρούνται ικανές συνθήκες επιβίωσης για το υγρό οικοσύστημα. Όπου απαιτείται κατασκευάζεται ειδικό τεχνικό για τη διευκόλυνση της μετακίνησης των ψαριών κατά μήκος της κοίτης (ιχθυόσκαλα, fish ladder). Στις πλευρικές υδροληψίες προβλέπεται η ενσωμάτωση θυροφραγμάτων στον αναβαθμό για την εκκένωση των φερτών, ώστε σε κάθε περίπτωση να μη παρεμποδίζεται η στερεομεταφορά κατά μήκος της κοίτης. Αφού αποσπαστεί από την κοίτη το νερό διοχετεύεται με ελεύθερη ροή στη δεξαμενή καθίζησης ή εξαμμωτή (desilter), με εξαίρεση τις υδροληψίες τύπου σίφωνα, όπου δεν απαιτείται τεχνικό εξάμμωσης. Η δεξαμενή καθίζησης έχει κατάλληλες διαστάσεις ώστε να εξασφαλίζεται η κατακράτηση της ελάχιστης διάστασης κόκκου φερτών, η οποία καθορίζεται από τις προδιαγραφές του στροβίλου. Σε συνέχεια του εξαμμωτή βρίσκεται η δεξαμενή φόρτισης (forebay), η οποία σχεδιάζεται ώστε να εξασφαλίζονται οι κατάλληλες υδραυλικές συνθήκες εισόδου στον υπό πίεση αγωγό προσαγωγής. Βασικό κριτήριο για το σχεδιασμό της δεξαμενής φόρτισης είναι η μη εισροή αέρα στον αγωγό προσαγωγής, που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα σπηλαιώσης.

### 3.5 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ

Το βασικό τεχνικό έργο του συστήματος προσαγωγής είναι ο αγωγός, μέσω του οποίου μεταφέρεται η παροχή στο στροβίλο. Το υλικό κατασκευής και οι διαστάσεις του αγωγού επιλέγονται με τεχνοοικονομικά κριτήρια κάθε φορά, επιδιώκεται δηλαδή η βέλτιστη οικονομικά λύση που πληροί συγκεκριμένα τεχνικά κριτήρια σχεδιασμού. Η όδευση του αγωγού εξαρτάται από τη θέση της δεξαμενής φόρτισης και του σταθμού παραγωγής, την υφιστάμενη τοπογραφία και τις γεωλογικές συνθήκες της εκαστοτε περιοχής. Το μήκος του μπορεί να ποικίλλει από μερικές εκατοντάδες μέτρα

έως μερικά χιλιόμετρα. Τα συνήθη υλικά που χρησιμοποιούνται είναι ο χάλυβας, ο ελατός χυτοσίδηρος, συνθετικά υλικά (PVC, GRP), οπλισμένο ή άοπλο σκυρόδεμα (σήραγγες). Η επιλογή του κατάλληλου υλικού σχετίζεται με τις επιτόπου συνθήκες εγκατάστασης, τις αναμενόμενες καταπονήσεις, τα διαθέσιμα μέσα και τις κατασκευαστικές δυνατότητες. Βασικά κριτήρια για την επιλογή διαμέτρου είναι ο περιορισμός των υδραυλικών απωλειών και του κόστους, καθώς και η διατήρηση της ταχύτητας σε συγκεκριμένα επίπεδα<sup>1</sup> (1~5 m/s). Προκειμένου να μειωθεί το κόστος μεταφοράς συχνά επιλέγονται δύο ή τρεις διαφορετικές κατηγορίες διαμέτρου και οι μικρότεροι σωλήνες τοποθετούνται μέσα στους μεγαλύτερους κατά τη μεταφορά (nesting).

Η εγκατάσταση του αγωγού μπορεί να είναι υπόγεια ή επιφανειακή, με πιο συνηθισμένη την πρώτη. Ο αγωγός τοποθετείται συνήθως σε σκάμμα και επανεπιχώνεται, τόσο για περιβαλλοντικούς λόγους, όσο και για προστασία από φυσική ή ανθρωπογενή φθορά. Παράλληλα στον αγωγό προσαγωγής τοποθετούνται και οι απαραίτητες καλωδιώσεις για τον τηλεέλεγχο των θυροφραγμάτων της υδροληψίας από το σταθμό παραγωγής. Απαραίτητα συνοδευτικά τεχνικά έργα του αγωγού είναι οι εξαεριστικές βαλβίδες και οι βαλβίδες εκκένωσης φερτών, στα ψηλά και χαμηλά σημεία της χάραξης αντίστοιχα και το σύστημα αντιπληγματικής προστασίας, εφόσον είναι απαραίτητο.

Σε συνθήκες απότομης εκκίνησης ή παύσης της λειτουργίας (απόρριψη φορτίου) μπορεί να αναπτυχθούν στον αγωγό υποπίεσεις ή υπερπίεσεις πολλαπλάσιες της στατικής, λόγω μεταβατικών δυναμικών φαινομένων που συνοψίζονται στον όρο υδραυλικό πλήγμα. Η ένταση του πλήγματος, που μπορεί να είναι καταστρεπτικό, εξαρτάται από τον τύπο στροβίλου, το μήκος, τη διατομή και το υλικό του αγωγού και τις συνθήκες εκκίνησης και παύσης. Οι συνήθεις κατασκευές περιορισμού του πλήγματος είναι οι βαλβίδες ανακούφισης, οι δεξαμενές και οι πύργοι ανάπαλσης.

Οι μεγάλες πιέσεις που αναπτύσσονται στον αγωγό, συμπεριλαμβανομένων των υπερπίεσεων λόγω πλήγματος, έχουν σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη σημαντικών ωστικών δυνάμεων (thrust forces) στις θέσεις όπου υπάρχουν γωνίες ή αλλαγές διαμέτρου. Προκειμένου να εξασφαλιστεί η ευστάθεια του αγωγού και, εφόσον είναι αυτοφερόμενος, να περιοριστούν οι τάσεις στα τοιχώματα, κατασκευάζονται σώματα αγκύρωσης (thrust blocks) από σκυρόδεμα με τα οποία μεταφέρονται οι ωθήσεις στο έδαφος. Οι διαστάσεις των σωμάτων αγκύρωσης εξαρτώνται από την εσωτερική πίεση σχεδιασμού, τη διάμετρο του αγωγού και τις υφιστάμενες εδαφικές συνθήκες.



### 3.6 ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Ο σταθμός παραγωγής είναι ο χώρος όπου τερματίζει το σύστημα προσαγωγής και εγκαθίσταται ο ηλεκτρομηχανολογικός (H/M) εξοπλισμός, δηλαδή οι στρόβιλοι, οι γεννήτριες, οι μετασχηματιστές και ο εξοπλισμός παρακολούθησης και ελέγχου του έργου. Ο τύπος και το πλήθος των στρόβιλων επιλέγεται ανάλογα με τα μεγέθη σχεδιασμού (παροχή, ύψος πτώσης) και το βέλτιστο σενάριο λειτουργίας του σταθμού.

Οι πιο συνηθισμένοι τύποι στρόβιλων είναι οι Francis, Kaplan, Pelton και Turgo. Από αυτούς οι δύο πρώτοι χρησιμοποιούνται κυρίως για μικρά και μεσαία ύψη πτώσης και μεγάλες παροχές, ενώ οι δύο τελευταίοι για μεγάλα ύψη πτώσης και έχουν μεγάλο εύρος παροχών λειτουργίας. Η διάταξη του σταθμού παραγωγής εξαρτάται από την υφιστάμενη τοπογραφία, τις συνθήκες ροής του φυσικού υδατορεύματος και τον τύπο του H/M εξοπλισμού. Η χωροθέτηση του εξοπλισμού είναι διαφορετική για στρόβιλο οριζοντίου, κατακόρυφου και διαγώνιου άξονα.

Ο σταθμός παραγωγής μπορεί να είναι υπόγειος ή επιφανειακός. Στη δεύτερη περίπτωση ο όγκος και η χωροθέτηση του σταθμού υπόκεινται στους όρους δόμησης της περιοχής και πρέπει να τηρούνται συγκεκριμένες αποστάσεις από τα όρια του οικοπέδου και την οριογραμμή του υδατορεύματος.

Μετά την έξοδο από το στρόβιλο το νερό αποδίδεται στη φυσική ροή του υδατορεύματος μέσω της διώρυγας φυγής (outlet channel). Η διώρυγα φυγής είναι σχεδιασμένη ώστε να διατηρούνται ομαλές συνθήκες ελεύθερης ροής και να αποφεύγεται το φαινόμενο της σπηλαιώσης, όταν πρόκειται για στρόβιλους αντίδρασης (Kaplan, Francis).

## **3.7 ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΟΙ**

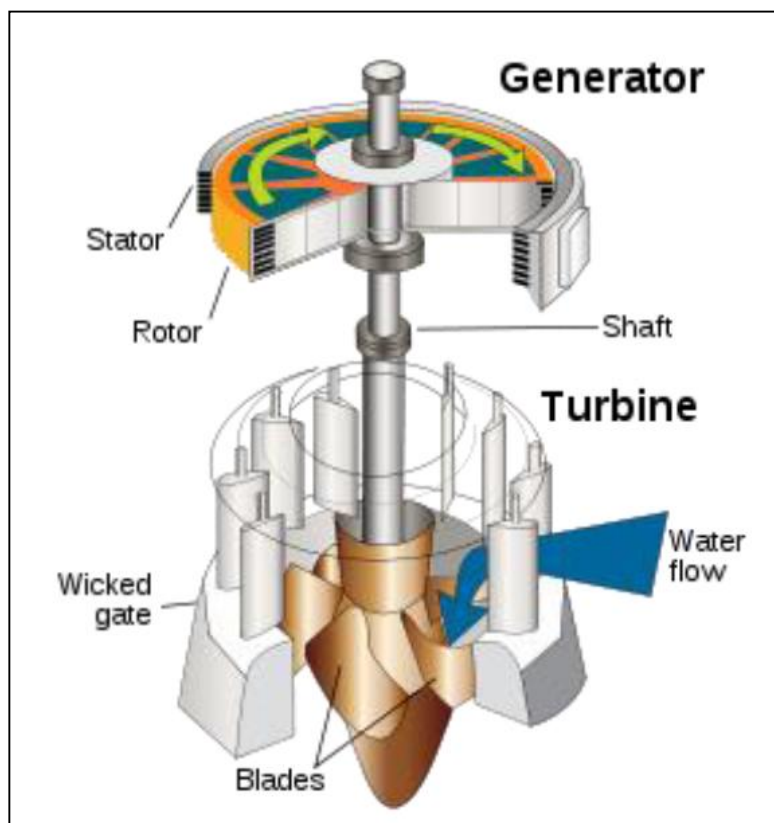
### **3.7.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΩΝ**

Οι υδροστρόβιλοι αποτελούν αντικείμενο μελέτης και εκμετάλλευσης εδώ και χιλιάδες χρόνια. Πρόδρομος των σύγχρονων υδροστρόβιλων είναι ο νερόμυλος, μια κατασκευή της οποίας οι ρίζες εντοπίζονται στην αρχαία Ελλάδα και εν συνεχεία συναντάται κατά την περίοδο του Μεσαίωνα στην Ευρώπη.

Ο Γάλλος Benoit Fourneyron ήταν ο πρώτος ο οποίος ανέπτυξε έναν επιτυχημένο εμπορικά υδροστρόβιλο. Ο James B. Francis σχεδίασε τον πρώτο υδροστρόβιλο ακτινικής ροής, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα εξαιτίας της εξαιρετικά μεγάλης του απόδοσης. Ο υδροστρόβιλος τύπου Pelton, ο οποίος πήρε το όνομά του από τον Lester A. Pelton, άρχισε να χρησιμοποιείται κατά το δεύτερο μισό του 19ου αιώνα. Το 1913 ο Victor Kaplan παρουσίασε την ιδέα του για την κατασκευή υδροστρόβιλου με προπέλα. Αν και έχει χρησιμοποιηθεί ένας μεγάλος αριθμός διαφορετικής μορφής υδροστροβίλων, οι τρεις τύποι που αναφέρθηκαν προηγουμένως έχουν επικρατήσει και χρησιμοποιούνται ευρύτατα ακόμα και στις μέρες μας στις περισσότερες εφαρμογές υδροηλεκτρικών μονάδων.

### **3.7.2 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ**

Οι υδροστρόβιλοι είναι οι μηχανές μέσω των οποίων μετατρέπεται η ενέργεια του υγρού σε μηχανική ενέργεια, δηλαδή σε κινητήρια ροπή στη στρεφόμενη άτρακτο της πτερωτής. Η μετατροπή της ενέργειας του διερχόμενου υγρού υπό σταθερή παροχή σε μηχανική ενέργεια λαμβάνει χώρα στο στρεφόμενο μέρος της μηχανής, το οποίο καλείται δρομέας, μέσω της ανάπτυξης της κινητήριας ροπής. Η άτρακτος του δρομέα είναι συζευγμένη με ηλεκτρική γεννήτρια, η οποία με τη σειρά της μετατρέπει την μηχανική ισχύ σε ηλεκτρική.



### 3.7.3 ΟΡΙΣΜΟΙ – ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

Οι υδροστρόβιλοι είναι οι μηχανές μέσω των οποίων μετατρέπεται η ενέργεια του υγρού σε μηχανική ενέργεια, δηλαδή σε κινητήρια ροπή στη στρεφόμενη άτρακτο της πτερωτής. Η μετατροπή της ενέργειας του διερχόμενου υγρού υπό σταθερή παροχή σε μηχανική ενέργεια λαμβάνει χώρα στο στρεφόμενο μέρος της μηχανής, το οποίο καλείται δρομέας, μέσω της ανάπτυξης της κινητήριας ροπής. Η άτρακτος του δρομέα είναι συζευγμένη με ηλεκτρική γεννήτρια, η οποία με τη σειρά της μετατρέπει την μηχανική ισχύ σε ηλεκτρική.

Κάθε υδροστρόβιλος αποτελείται κατασκευαστικά από τρία βασικά μέρη το τμήμα εισόδου της μηχανής, τον δρομέα και το τμήμα εξόδου.

Σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις, εκτός ελάχιστων εξαιρέσεων, το διακινούμενο υγρό είναι το φυσικό νερό και η ενέργεια την οποία διαθέτει είναι η δυναμική ενέργεια που εκφράζεται από τη στάθμη του ως προς τη στάθμη της θάλασσας. Γενικά, ένας υδροστρόβιλος αποτελείται από ένα πτερυγιοφόρο τροχό τοποθετημένο καταλλήλως μέσα σε κέλυφος με αγωγό προσαγωγής και απαγωγής. Η εν λόγω διάταξη τοποθετείται σε κατάλληλη θέση της υδατόπτωσης που είναι προς εκμετάλλευση. Το νερό που πέφτει εισαγόμενο με πίεση μέσα στον υδροστρόβιλο προσκρούει πάνω στα πτερύγια και προκαλεί την κίνησή του. Οι υδροστρόβιλοι αποτελούν την τελειότερη μορφή υδροκινητήρων και κατέχουν ιδιαίτερη θέση μεταξύ των άλλων στροβίλων (ατμοστροβίλων, κ.τ.λ.), αλλά μεταξύ και των ίδιων των κινητηρίων μηχανών. Χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας, την οποία μας δίνει η υψομετρική διαφορά μιας υδάτινης πτώσης, σε μηχανικό έργο το οποίο στη συνέχεια με τη βοήθεια δυναμοηλεκτρικών μηχανών μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.

Από άποψη απόδοσης των υδροστροβίλων επιτυγχάνονται σήμερα πολύ καλά αποτελέσματα. Η απόδοσή τους είναι δυνατόν να φτάσει μέχρι και 90%. Η δε

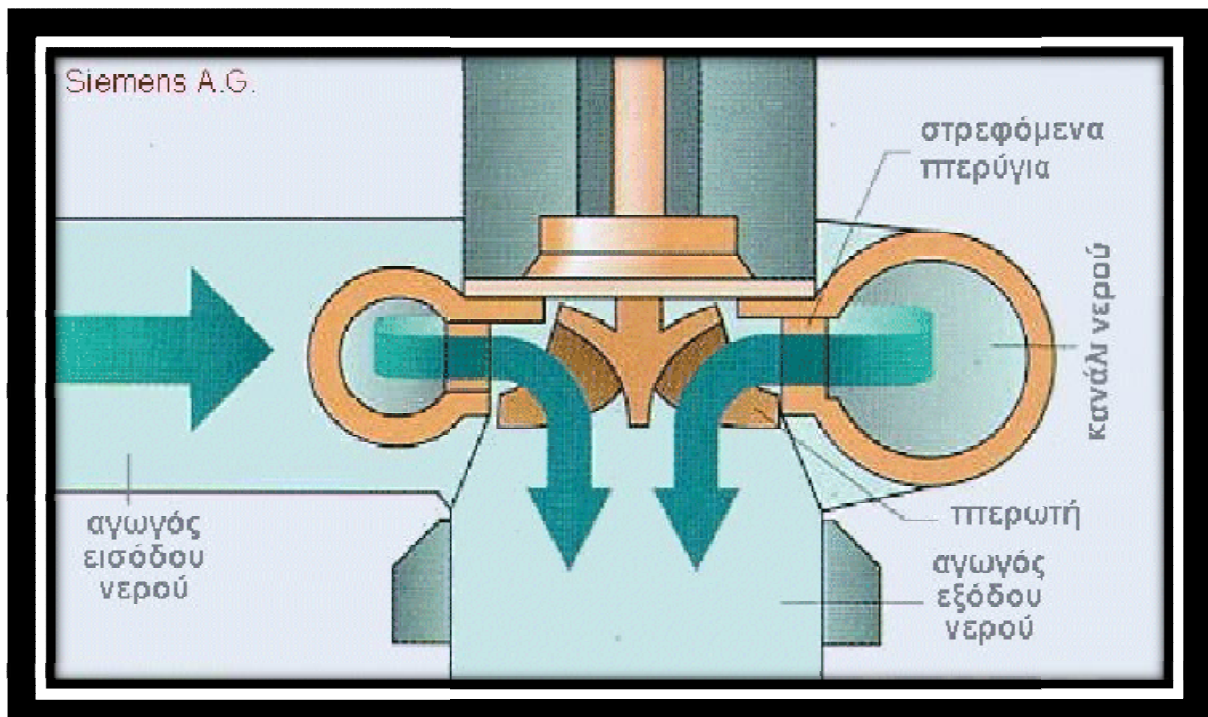
αποκτώμενη ισχύς είναι δυνατό να μεταδοθεί απευθείας είτε με ιμάντες στον άξονα εγκατεστημένων επί τόπου διαφόρων μηχανημάτων είτε ακόμη, μέσω γεννητριών, να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια, η οποία μεταφέρεται με τις γραμμές υψηλής τάσης σε μεγάλες αποστάσεις. Ο υδροστρόβιλος (τουρμπίνα) μετατρέπει την δυναμική και κινητική ενέργεια του νερού σε μηχανική ενέργεια (περιστροφή) και μεταδίδει αυτή την κίνηση, σπανιότερα σε μηχανές παραγωγής μέσω ιμάντα, αλλά συνηθέστερα σε ηλεκτρογεννήτρια περιστρεφόμενου δρομέα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Με την πάροδο των δεκαετιών βελτιώθηκε η σχετική τεχνολογία σε τέτοιο βαθμό, ώστε στο τέλος του 20ου αιώνα κατασκευάζονται υδροστρόβιλοι με ισχύ, από περίπου 10 kW μέχρι αρκετές εκατοντάδες MW. Αυτοί οι υδροστρόβιλοι σχεδιάζονται με διαφορετικές τεχνικές λεπτομέρειες, ανάλογα με τις γεωγραφικές συνθήκες της περιοχής που θα εγκατασταθούν, αν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε μια ποτάμια μονάδα παραγωγής ή σε ένα σταθμό με μεγάλο ύψος πτώσης νερού κλπ. Οι μεγαλύτεροι υδροστρόβιλοι που έχουν κατασκευαστεί μέχρι το τέλος του 20ου αιώνα έχουν διάμετρο περί τα 11 μέτρα. Σημαντικό ρόλο στη λειτουργία ενός υδροστρόβιλου παίζει ο αυτόματος έλεγχος του αριθμού στροφών, λόγω της μεταβαλλόμενης ποσότητας διερχόμενου νερού και λόγω μεταβολών στην πλευρά του φορτίου (ανοικτό κύκλωμα, ονομαστική λειτουργία, βραχυκύκλωμα λόγω βλάβης κλπ.)

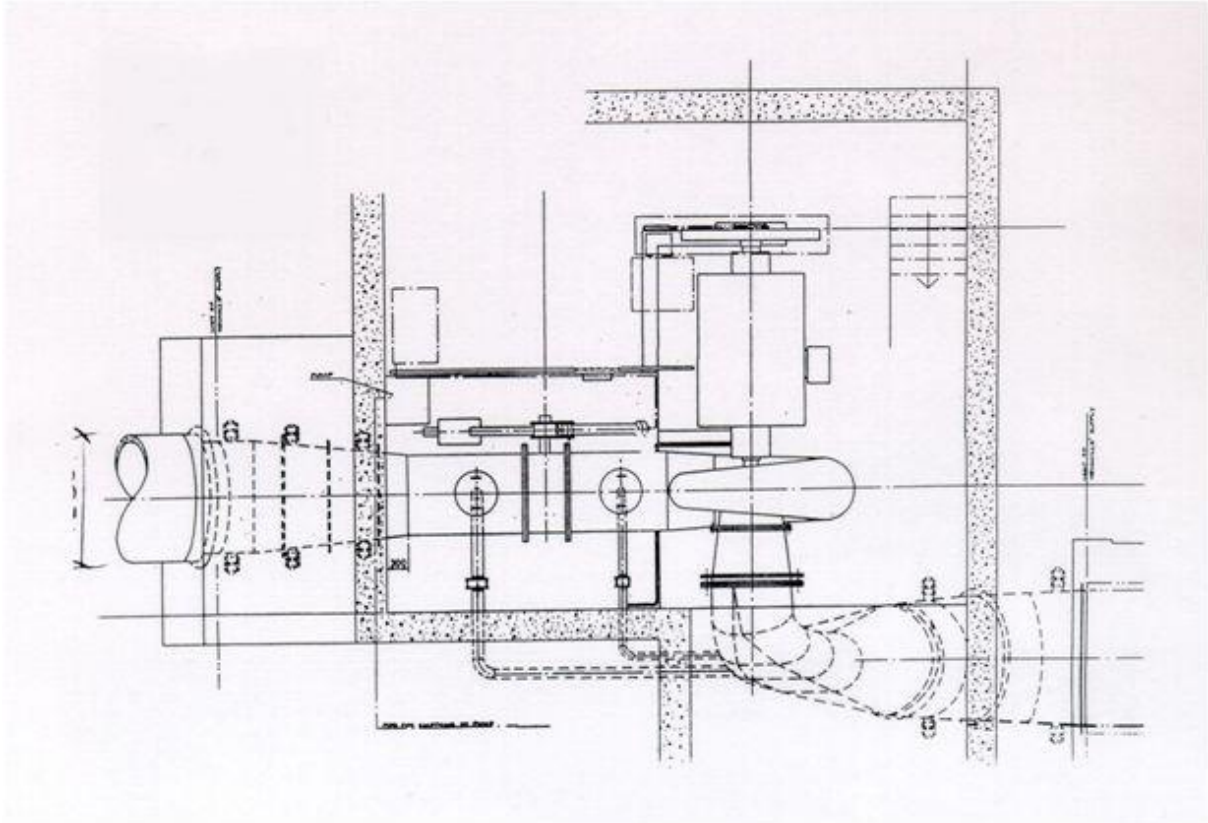
### 3.7.4 ΕΙΔΗ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

#### Στρόβιλος Francis

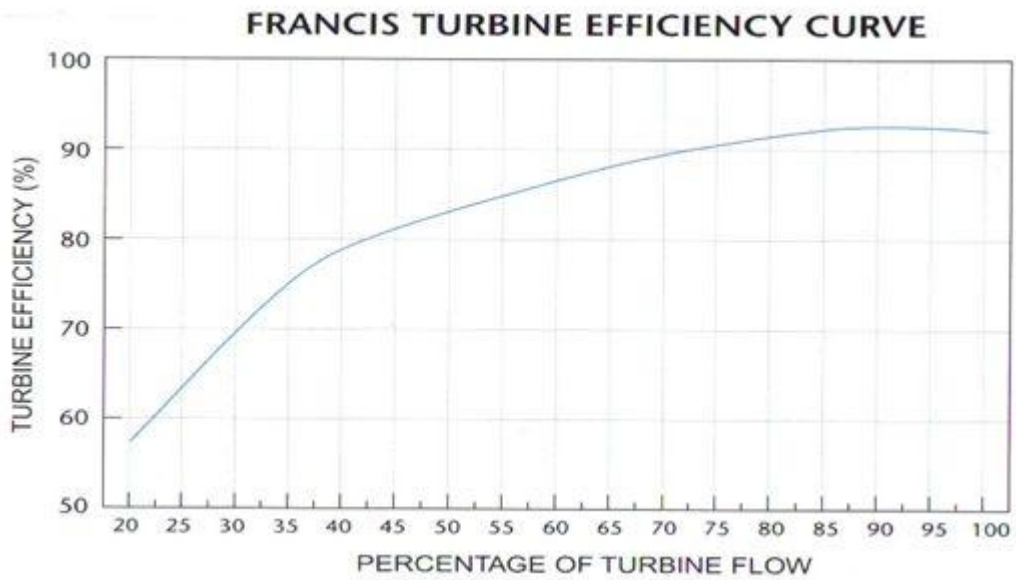
Οι στρόβιλοι Francis είναι σήμερα οι πιο κοινοί στρόβιλοι στη χρήση σε όλο τον κόσμο. Η ισχύς τους ποικίλει από 1KW έως εκατοντάδες MW. Η τεχνολογία τους αναπτύχθηκε το 1848 από τον James B. Francis. Οι μηχανές Francis θεωρούνται γενικά στρόβιλοι μέσου ύψους πτώσης  $10\div 300\text{m}$ . Ο στρόβιλος Francis είναι στρόβιλος αντίδρασης ακτινικής ροής.

Ο στρόβιλος αποτελείται από ένα σωλήνα εισόδου που συνδέεται με ένα σπειροειδές περίβλημα. Μέσα στο σπειροειδές περίβλημα το νερό κατευθύνεται μέσω ρυθμιζόμενων οδηγών πτερυγίων στα πτερύγια του στροφείου Francis, προκαλώντας το να περιστρέφεται. Στη συνέχεια το νερό τερματίζει την πορεία του διερχόμενο από των σωλήνα εξόδου (drafttube), ο οποίος έχει μορφή καμπύλης σαν κέρας βοηθά στην επιβράδυνση της ταχύτητας του νερού. Αυτός ο στρόβιλος κινείται με την πίεση νερού στα πτερύγια της πτερωτής, το οποίο νερό διοχετεύεται σ' αυτά μέσω περιμετρικού κοχλιοειδούς καναλιού. Ένας σταθερός τροχός καθοδήγησης έχει τοποθετημένα πτερύγια, που στρέφονται αντίθετα με την κατεύθυνση προσανατολισμού των σταθερών πτερυγίων της πτερωτής και ρυθμίζουν έτσι τη γωνία πρόσπτωσης και την ταχύτητα του εισερχόμενου νερού και κατ' επέκταση ρυθμίζουν τον αριθμό στροφών και την ισχύ του στροβίλου. Ο περιστρεφόμενος δρομέας του στροβίλου είναι συνδεδεμένος απευθείας σε προέκταση του άξονα της γεννήτριας κι έτσι όλη η ροπή του στροβίλου μεταφέρεται στη γεννήτρια.





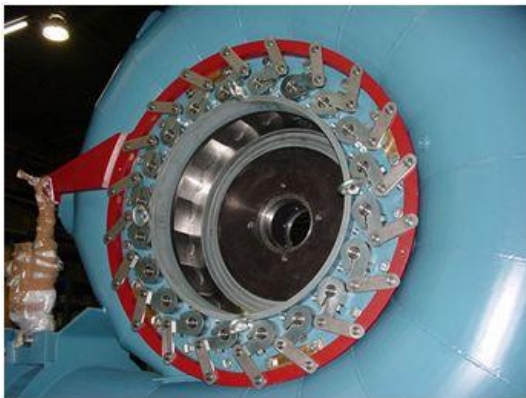
Τυπική τομή Υδροστροβίλου καθέτου άξονα



Καμπύλη Βαθμού Απόδοσης Στροβίλου Francis



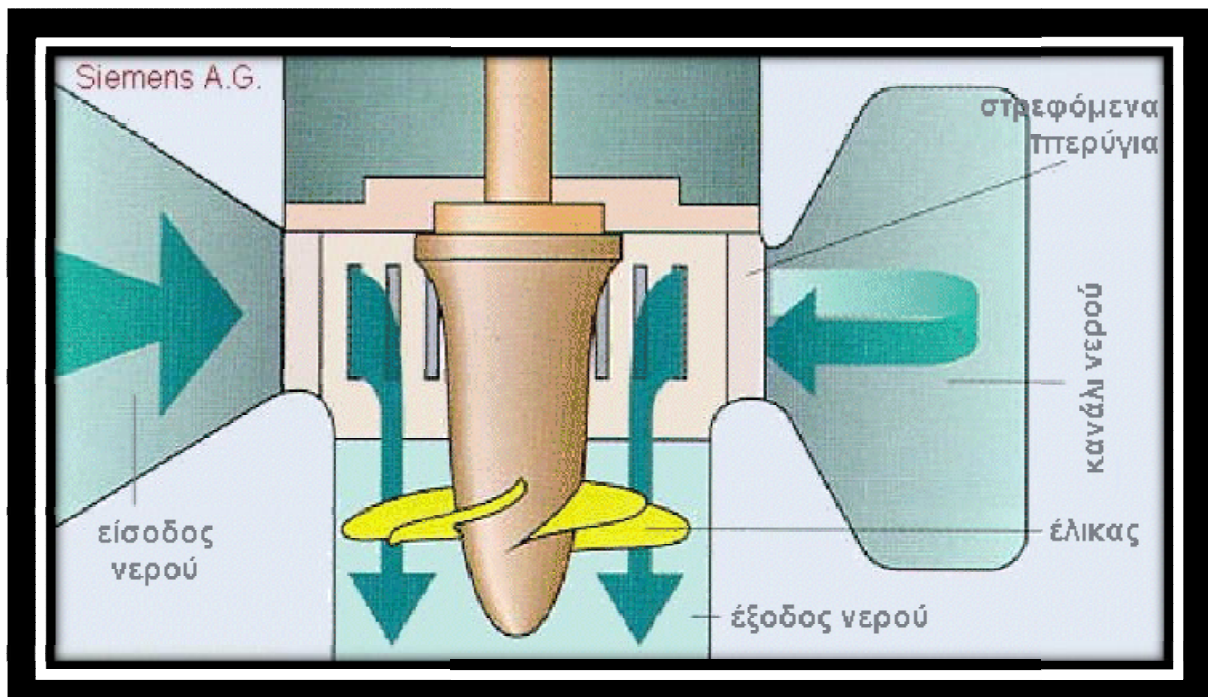
Υδροστρόβιλοι Francis



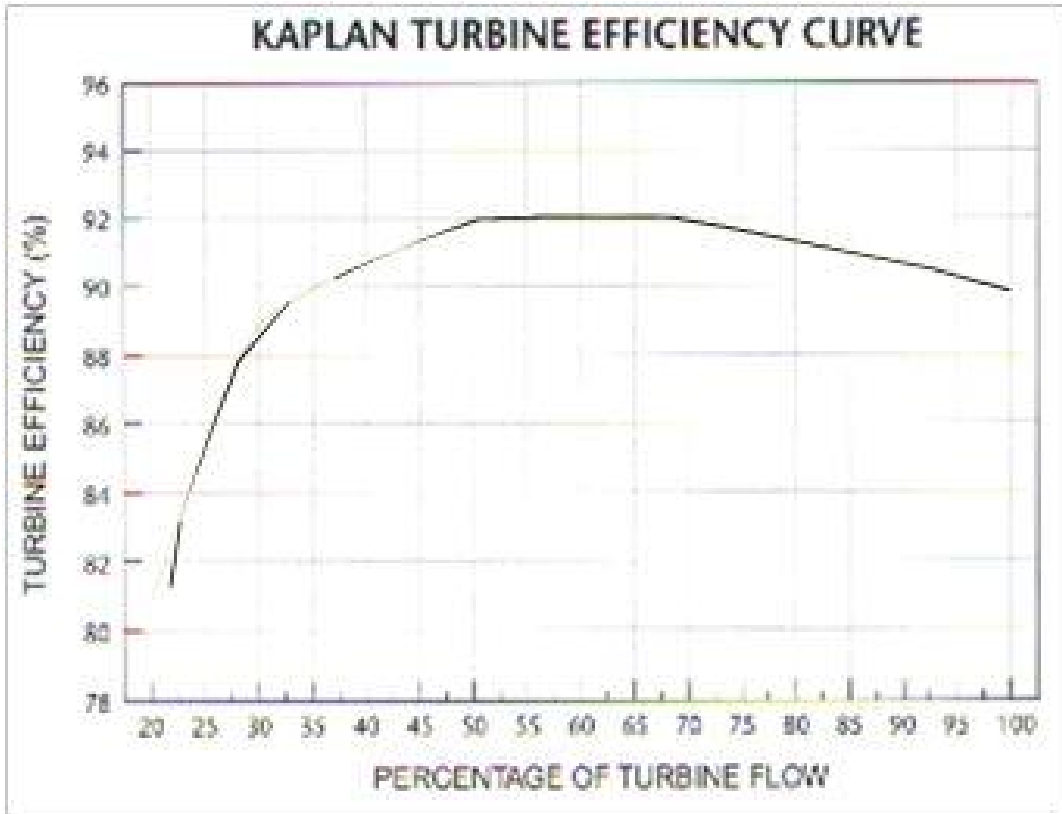
Στροφεία Francis

## Στρόβιλος Kaplan

Η τεχνολογία του στροβίλου Kaplan αναπτύχθηκε από τον αυστριακό μηχανικό Viktor Kaplan περίπου το 1915. Οι στρόβιλοι Kaplan θεωρούνται γενικά στρόβιλοι χαμηλού ύψους πτώσης και μεγάλης παροχής. Ο Kaplan είναι ένας στρόβιλος ακτινικής ροής (τύπου αντίδρασης) παρόμοιος δηλαδή με ένα στρόβιλο Francis. Όπως ο στρόβιλος Francis, ο Kaplan έχει μια σειρά από ρυθμιζόμενα οδηγά πτερύγια. Ωστόσο και το στροφείο (μοιάζει κάπως σαν έλικας πλοίου) έχει ρυθμιζόμενα πτερύγια. Αλλάζοντας τη γωνία τους παράλληλα με τη γωνία των οδηγών πτερυγίων, ο Kaplan μπορεί να διατηρήσει μια υψηλή απόδοσης ακόμη και σε πολύ χαμηλές ροές. Επειδή οι στρόβιλοι Kaplan έχουν μια πολύ επίπεδη καμπύλη απόδοσης σε παροχές χαμηλής ροής, προσαρμόζονται σε ποτάμια όπου οι ποσότητες του διαθέσιμου νερού ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό.



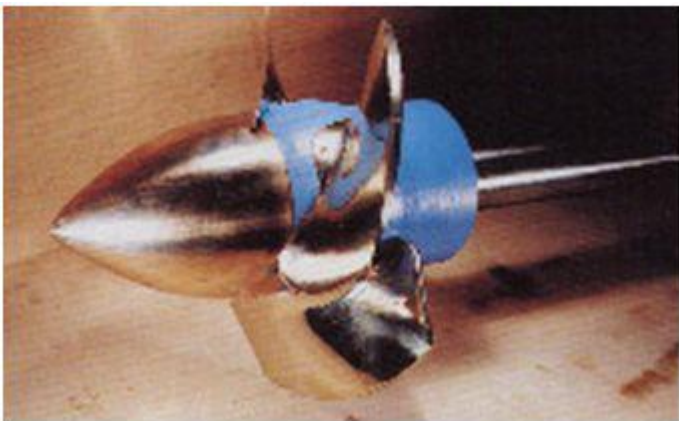




Καμπύλη Βαθμού Απόδοσης στροβίλου Kaplan



Στρόβιλος Kaplan

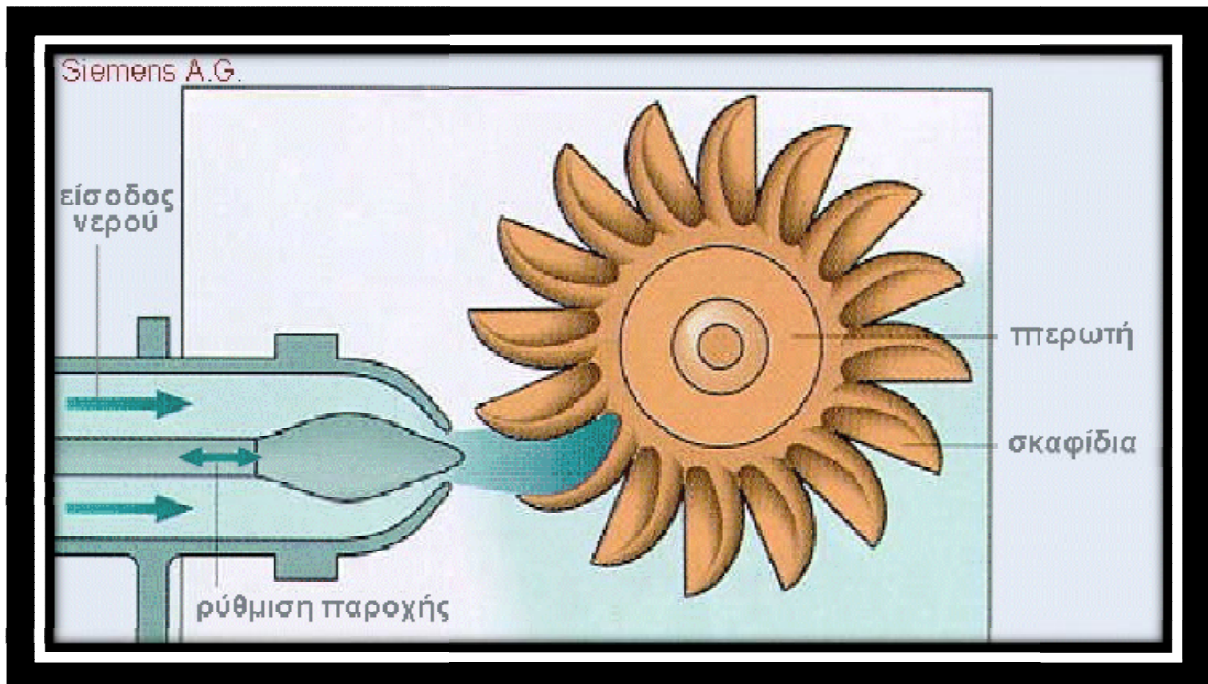


Στροφείο Kaplan

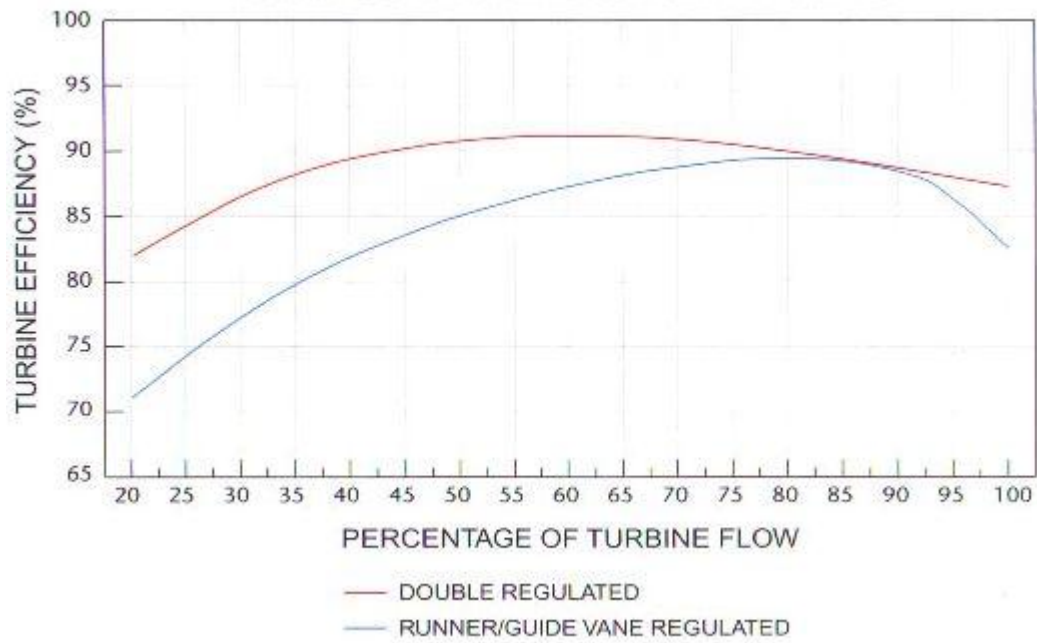
## Στρόβιλος Pelton

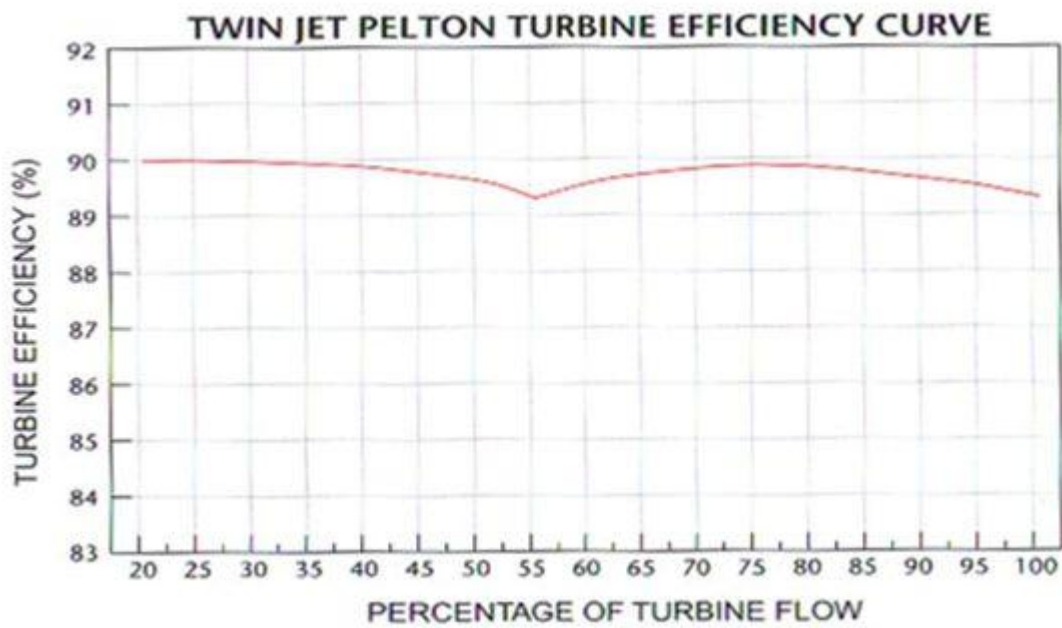
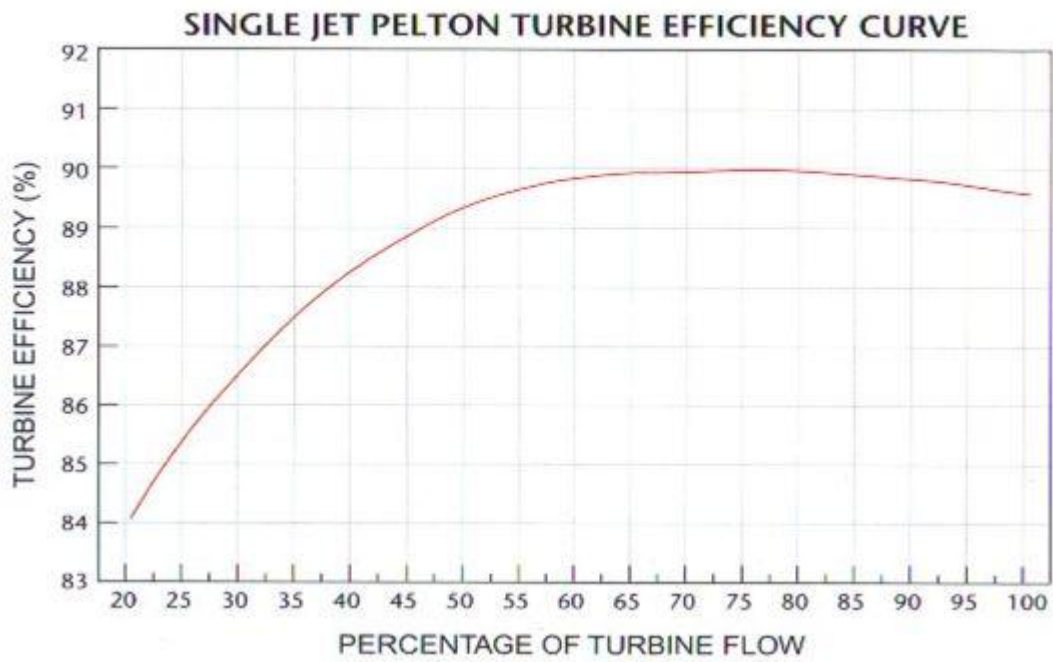
Ο στρόβιλος Pelton κατασκευάστηκε το έτος 1879 από τον Αμερικάνο μηχανικό Lester Pelton (Πέλτον, 1829-1908). Σ' αυτό τον τύπο στροβίλου οδηγείται το νερό σε ένα ή περισσότερα ακροφύσια, από τα οποία εκτοξεύεται το υγρό με μεγάλες ταχύτητες στα πτερύγια της πτερωτής. Αυτά τα πτερύγια είναι διαμορφωμένα σαν δίδυμα δοχεία (σκαφίδια), ώστε το νερό να διαχωρίζεται στην αιχμηρή ακμή των δύο σκαφιδιών και να «γλύφει» την εσωτερική επιφάνειά τους, ακολουθώντας έτσι τοξοειδή διαδρομή και αποδίδοντας όλη την κινητική ενέργεια. Κάθε ακροφύσιο διοχετεύει περί τα 10 m<sup>3</sup>/s και ο αριθμός των ακροφυσίων εξαρτάται από τις διαθέσιμες ποσότητες νερού. Η παρεχόμενη ροή ρυθμίζεται με βελόνες στον αυλό του ακροφυσίου.

Για μεγάλες ποσότητες νερού και πολλά ακροφύσια (μέχρι 6) τοποθετείται ο στρόβιλος κατακόρυφα. Ο στρόβιλος Pelton χρησιμοποιείται σε μεγάλες υδροηλεκτρικές μονάδες, με μεγάλα ύψη και μικρές ποσότητες νερού. Για ένα ύψος πτώσης νερού περί τα 1.000 μέτρα η ταχύτητα εξόδου νερού στο ακροφύσιο φτάνει τα 500 km/h (139 m/s) και γι' αυτό η καταπόνηση των υλικών είναι τεράστια (σπηλαιώση του χάλυβα). Οι στρόβιλοι αυτού του τύπου λειτουργούν με μεγάλο αριθμό στροφών, περί τις 3.000 ανά λεπτό και έχουν βαθμό αποδόσεως μέχρι 90%. Το έτος 2000 κατασκευάστηκε μία υδροηλεκτρική μονάδα με τρεις στροβίλους Pelton των 5 ακροφυσίων, η οποία δέχεται νερά από ύψος 1.800 μέτρα και έχει ισχύ 400 MW. Μειονέκτημα αυτού του τύπου στροβίλων είναι η ταχεία διάβρωση των υλικών. Η επιλογή του αριθμού των ακροφυσίων των στροβίλων Pelton και ακολούθως η επιλογή κατακόρυφου ή οριζόντιου άξονα, πρέπει να γίνεται ανάλογα με την ανάγκη ρύθμισης της παροχής, αλλά και με την οικονομικότητα του συνόλου στρόβιλος-γεννήτρια-συναρμολόγηση. Μία επιλογή 2 ακροφυσίων μπορεί να είναι ήδη σε θέση να παρέχουν μια καλή απόδοση αλλά δεν είναι πάντα η οικονομικότερη επιλογή. Προκύπτει ότι η υποδιαίρεση της ροής σε περισσότερα ακροφύσια μπορεί να οδηγήσει σε στροφεία μικρότερης διαμέτρου και βάρους, μειώνοντας σημαντικά το κόστος του στροβίλου, παρόλο που αυτό έχει περισσότερα ακροφύσια και μερικές φορές, αυξάνοντας την ταχύτητα περιστροφής του άξονα με μια επιπλέον μείωση κόστους στην αγορά της γεννήτριας. Εκτός από την οικονομική διαφορά μπορεί να υπάρξει μια απώλεια της απόδοσης που οφείλεται στο μικρότερο αριθμό ακροφυσίων αλλά και στον διαφορετική ειδική ταχύτητα δύο στροφείων. Σε υψηλή ειδική ταχύτητα η διαδρομή του νερού στο πτερύγιο είναι λιγότερο ομαλή και επομένως το πτερύγιο αξιοποιείται λιγότερο προκαλώντας απώλεια απόδοσης.

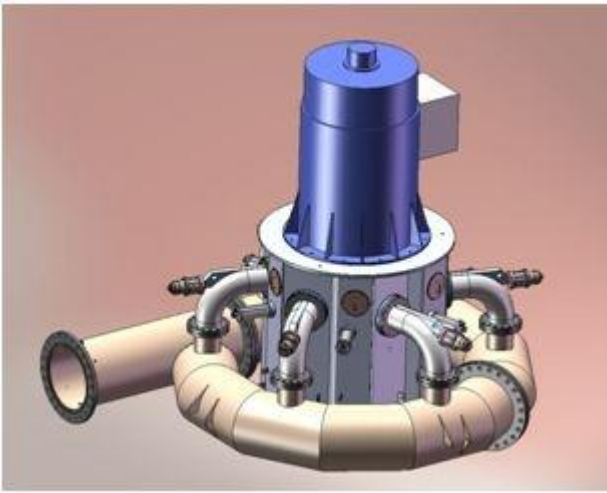


AXIAL FLOW TURBINE EFFICIENCY CURVE





Υδροστρόβιλοι Pelton





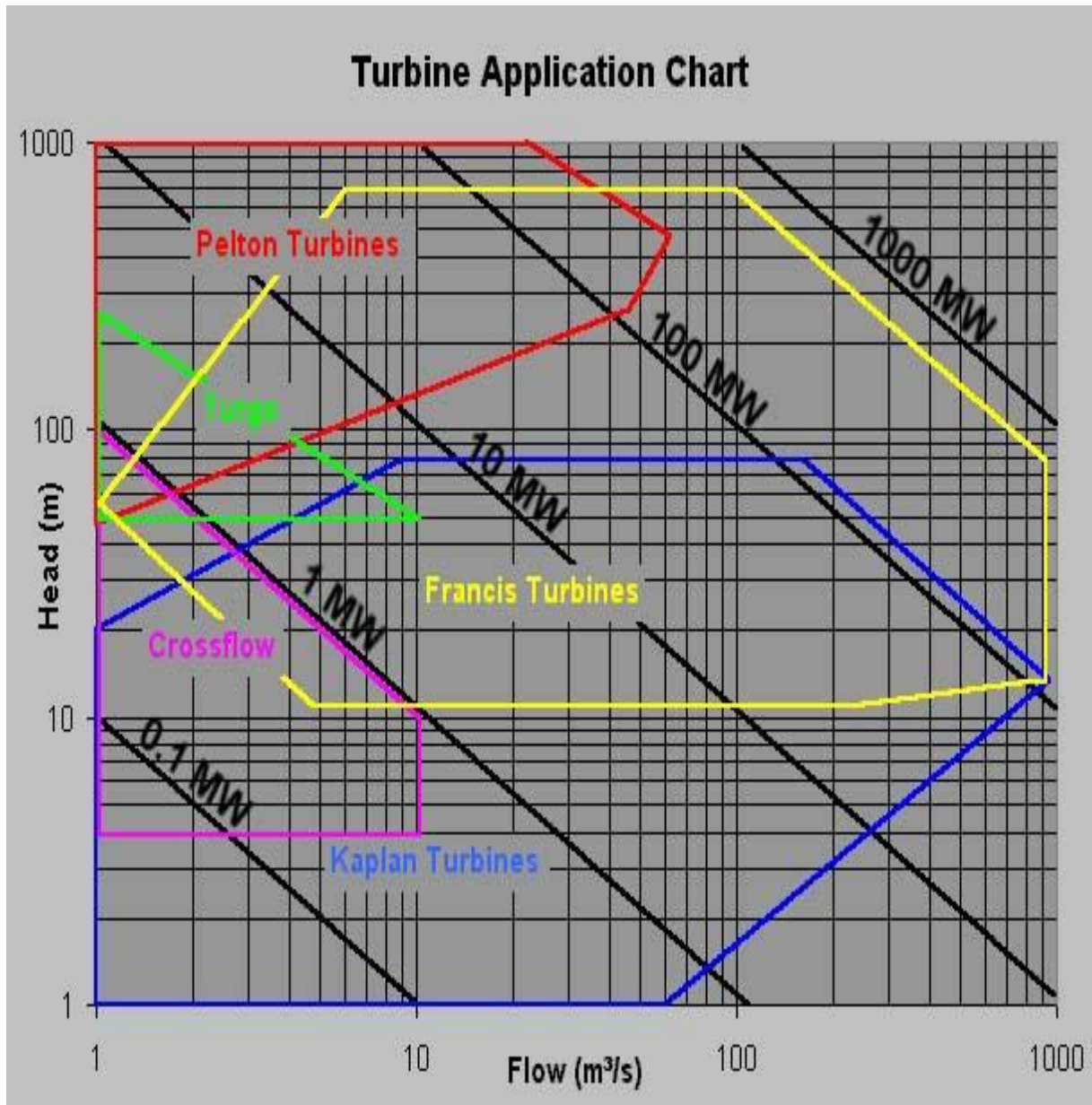
Στροφεία Pelton



Τύπος υδροστροβίλου ανάλογα με το πιεζομετρικό φορτίο

Τύπος υδροστροβίλου		Πιεζομετρικό φορτίο H (m)
Karlan		$2 < H < 40$
Francis		$10 < H < 350$
Pelton		$50 < H < 1300$

(Πηγή: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)).



Διάγραμμα επιλογής τύπου υδροστροβίλου για δεδομένο (Q, H)



### 3.8 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΙΣΧΥΟΣ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΩΝ

Η ισχύς κάθε υδροστροβίλου υπολογίζεται από τον τύπο:

$$I = n * g * Q * H \text{ (σε KW)}$$

Για την τιμή της παροχής  $Q$  για την οποία λειτουργεί ο υδροστροβίλος απαιτείται ο υπολογισμός της τιμής του  $H$ . Για τον υπολογισμό του  $H$ , πρέπει να γνωρίζουμε την υψομετρική διαφορά μεταξύ του σημείου υδροληψίας και του σημείου εγκατάστασης.

Η διερεύνηση για το πόσες τουρμπίνες είναι η πιο συμφέρουσα επιλογή με οικονομικά κριτήρια, είναι μια σύνθετη διαδικασία που επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Έτσι το κόστος μιας μικροϋδροηλεκτρικής μονάδας χωρίζεται στα ακόλουθα τμήματα:

Συνολικό Κόστος = Κόστος Έργων Πολιτικού Μηχανικού + Κόστος Αγοράς Εξοπλισμού + Κόστος Εγκατάστασης Εξοπλισμού + Κόστος Λειτουργίας + Κόστος Συντήρησης + Κόστος διαθεσιμότητας

Το κόστος των έργων Πολιτικού Μηχανικού είναι το ίδιο είτε χρησιμοποιήσουμε μία τουρμπίνα ή περισσότερες. Τα κόστη τα οποία διαφοροποιούνται είναι αυτά της αγοράς του εξοπλισμού, το ηλεκτρολογικό κόστος και το κόστος λειτουργίας που περιλαμβάνει το μηχανολογικό, το κόστος συντήρησης και το κόστος από τη διαθεσιμότητα του σταθμού. Σε όλα αυτά θα πρέπει να συνυπολογιστεί το ότι ο βαθμός απόδοσης δύο ή περισσότερων υδροστροβίλων είναι μικρότερος από ότι ο βαθμός απόδοσης ενός υδροστροβίλου, και αυτό μεταφράζεται σε οικονομική ζημία. Επιπλέον, σε περίπτωση βλάβης υδροστροβίλου, χρειάζεται να υπολογιστούν τα κέρδη που προκύπτουν από τη λειτουργία ενός ή περισσότερων εφεδρικών.

Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη επιλογή του αριθμού των τουρμπινών είναι μια πολυκριτηριακή διαδικασία, για την οποία χρειαζόμαστε στοιχεία για το κόστος του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (υδροστροβίλοι, αντλιοστάσια, γεννήτριες, μετασχηματιστές, κ.λπ.), το κόστος λειτουργίας και συντήρησης, αλλά και για τη ζημία από την ενδεχόμενη παύση λειτουργίας του ενός υδροστροβίλου.

### 3.9 ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΑΓΩΓΟΥ

Η επιλογή της κατάλληλης διαμέτρου του αγωγού που θα μεταφέρει το νερό από τη θέση της υδροληψίας στον υδροηλεκτρικό σταθμό, είναι ένα από τα βασικά στάδια στο σχεδιασμό ενός Μικρού Υδροηλεκτρικού Έργου.

Η επιλογή της διαμέτρου ενός αγωγού γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τα ακόλουθα κριτήρια:

- όσο αυξάνει η διάμετρος του αγωγού, οι απώλειες ροής μειώνονται και συνεπώς , μειώνεται το κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας (περίπτωση αντλιών ) ή αυξάνεται το οικονομικό όφελος από την παραγωγή ενέργειας (περίπτωση υδροστροβίλων).
- από την άλλη μεριά, η αύξηση της διαμέτρου οδηγεί σε αύξηση του κόστους κατασκευής του αγωγού, λόγω μεγαλύτερου κόστους προμήθειας, μεταφοράς και εγκατάστασης.

Το ζητούμενο είναι να βρεθεί το σημείο ελαχιστοποίησης του συνολικού κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΜΕΛΕΤΕΣ

#### 4.1 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Η ικανότητα των ρεόντων υδάτων μιας περιοχής να παράγουν έργο, ονομάζεται υδροδυναμικό. Ακόμη, η θέση ενός υδατορεύματος που μπορεί να αξιοποιήσει το υδροδυναμικό, καλείται αντίστοιχα υδροδυναμική θέση. Προκειμένου να αναπτυχθούν μικροϋδροηλεκτρικές εφαρμογές σε μια περιοχή, αναγκαίο και κρίσιμο στάδιο είναι η εκτίμηση του υδροηλεκτρικού δυναμικού της. Συνεπώς, για να περιγραφεί η διακύμανση της συγκεκριμένης παροχής και έπειτα να επιλεγθούν πιθανές θέσεις εγκατάστασης υδροηλεκτρικών έργων, πρέπει να προσδιοριστούν τα υδρολογικά χαρακτηριστικά, αναγνωρίζοντας ταυτόχρονα την περιοχή.

Κάνοντας χρήση διαφόρων υδρολογικών μοντέλων και μιας σειράς μετρήσεων παροχής, μπορεί να γίνει εκτίμηση της καμπύλης διάρκειας αυτής, όσον αφορά τις θέσεις που συγκεντρώνουν τον υψηλότερο δείκτη πυκνότητας υδροηλεκτρικού δυναμικού. Γίνεται υπολογισμός του θεωρητικού υδροδυναμικού της περιοχής, αφού λάβουμε υπόψη την τοπογραφία, τις κατακρημνίσεις, τη γεωλογία καθώς και τις τυχόν υπάρχουσες μετρήσεις παροχής. Παρακάτω παρατίθεται ο βασικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται με σκοπό τη μέτρηση παροχών και την αναγνώριση της περιοχής:

- Αισθητήρια μέτρησης υδρομετεωρολογικών μεγεθών.
- Μονάδες συλλογής δεδομένων και σύστημα τηλεμετάδοσης.
- Λογισμικό εποπτείας του μετρητικού συστήματος και επεξεργασίας των δεδομένων.

#### 4.2 ΜΕΛΕΤΗ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ

Ξεκινώντας την εγκατάσταση ενός μικρού υδροηλεκτρικού έργου, ένα από τα πρώτα βήματα που κάνουμε είναι η πραγματοποίηση μελέτης σκοπιμότητας, εξετάζοντας παράλληλα εναλλακτικά σενάρια σχεδίασης του έργου.

Η μελέτη σκοπιμότητας περιλαμβάνει:

**A.** Τον προσδιορισμό του ύψους πτώσης, επιλέγοντας μια αρχική θέση υδροληψίας και σταθμού.

**B.** Τη χάραξη της καμπύλης διάρκειας παροχής της θέσης, έτσι ώστε να εκτιμηθεί η ετήσια παραγωγή ενέργειας και να γίνει ο υπολογισμός των ετήσιων εσόδων του έργου.

**Γ.** Τον προσδιορισμό του κόστους κατασκευής του έργου με βάση τη μορφολογία της περιοχής, του τύπου του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, του μήκους του καταθλιπτικού αγωγού και της απόστασης της διασύνδεσης με το δίκτυο της Δ.Ε.Η..

**Δ.** Τον προσδιορισμό της οικονομικής βιωσιμότητας του έργου, με τον υπολογισμό των απαραίτητων οικονομικών δεικτών και η εξαγωγή συμπερασμάτων.

### **4.3 ΠΡΟΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ Μ.Υ.Η.Ε.**

Εάν τα συμπεράσματα από την μελέτη σκοπιμότητας βγουν θετικά για την εκπόνηση του έργου, τότε προχωράμε στη μελέτη σχεδίασης εγκατάστασης Μικρού Υδροηλεκτρικού Σταθμού σε επίπεδο προμελέτης. Σκοπός της προμελέτης είναι να εκδοθούν οι διάφορες άδειες που απαιτούνται για την κατασκευή του έργου, οπότε το βάθος της είναι ανάλογο με αυτό.

Τα στάδια σχεδίασης που στηρίζονται στα αποτελέσματα της μελέτης σκοπιμότητας περιλαμβάνουν:

**A.** Την επιλογή των υδροστροβίλων και τον καθορισμό των υδραυλικών χαρακτηριστικών τους.

**B.** Τον καθορισμό των χαρακτηριστικών του συστήματος αυτοματισμού και λειτουργίας της εγκατάστασης.

**Γ.** Την επιλογή των γεννητριών με τα χαρακτηριστικά τους και όλο τον συνακόλουθο ηλεκτρολογικό εξοπλισμό.

**Δ.** Την κτηριακή υποδομή για την εγκατάσταση του μηχανολογικού εξοπλισμού με τη διάταξη των στροβίλων-γεννητριών, για εύκολη πρόσβαση και συντήρηση χωρίς διακοπή της λειτουργίας των υπόλοιπων μονάδων, των αυτοματισμών και όλου του βοηθητικού εξοπλισμού, του υποσταθμού καθώς και τη διασύνδεση με το δίκτυο.

**Ε.** Τον καθορισμό του συστήματος προσαγωγής του νερού στον σταθμό, δηλαδή την υδροληψία, την δεξαμενή φόρτισης, τον αγωγό προσαγωγής (ανοικτό ή κλειστό) και τις υπόλοιπες βοηθητικές εγκαταστάσεις.

### **4.4 ΜΕΛΕΤΗ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΩΝ**

Εκτελείται ειδική μελέτη για την σχεδίαση και κατασκευή των υδροστροβίλων του έργου, την επιλογή του συστήματος αυτοματισμού και της κατάλληλης γεννήτριας σύγχρονης ή ασύγχρονης, για τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό Υδροηλεκτρικών Έργων μικρής ισχύος.

### **4.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**

Η διαφορά μεταξύ του υψομέτρου της στάθμης στην δεξαμενή φόρτισης του αγωγού πίεσης και της στάθμης, όπου τοποθετείται ο στρόβιλος, μειωμένη κατά τις αντίστοιχες υδραυλικές απώλειες, ορίζει το καθαρό ύψος πτώσης. Οι υδραυλικές απώλειες είναι το άθροισμα των γραμμικών υδραυλικών απωλειών των ευθύγραμμων τμημάτων και των υδραυλικών απωλειών των εντοπισμένων αντιστάσεων των διαφόρων εξαρτημάτων της σωλήνωσης, δηλαδή της εισόδου στον αγωγό, των καμπυλών, των διαστολών και των συστολών.

Στην συνέχεια γίνονται ενεργειακοί υπολογισμοί, δηλ υπολογίζεται η παραγόμενη ενέργεια για διάφορες διαμέτρους. Στην συνέχεια γίνεται βελτιστοποίηση της διαμέτρου του αγωγού πτώσης, με σκοπό την εξοικονόμηση των πόρων, όπου χρειάζεται να ελαχιστοποιηθεί το κόστος κατασκευής και να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη από την επένδυση.

Σε επόμενο κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στους ενεργειακούς υπολογισμούς για ένα Μ.Υ.Η.Ε στο Τσετσεβίτικο ρέμα.

## 4.6 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ

### 4.6.1 ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΜΕΛΕΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

Τα διάφορα τεχνικά έργα επηρεάζουν και αλλάζουν το περιβάλλον προκειμένου να υλοποιηθούν στόχους επιθυμητούς από την ανθρώπινη κοινωνία. Συχνά όμως προκύπτουν ανεπιθύμητες αλλαγές στο περιβάλλον, ως παρενέργειες των ανθρώπινων επεμβάσεων, λόγω ορισμένων ευαίσθητων χαρακτηριστικών του, αλλά και της ατέλειας των σχεδίων και των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται. Η εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι η εξέταση της συμβατότητας διαφόρων αναπτυξιακών σχεδίων, προγραμμάτων, έργων ή άλλων δραστηριοτήτων με τις απαιτήσεις της περιβαλλοντικής προστασίας. Με μία κατάλληλη μελέτη, μπορεί να προβλεφθούν και να αξιολογηθούν δυσάρεστες ή και καταστρεπτικές επιπτώσεις στο περιβάλλον από διάφορα έργα, με σκοπό την αποφυγή τους. Τις τελευταίες δεκαετίες οι μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων έχουν αποτελέσει σημαντικό εργαλείο για την προστασία του περιβάλλοντος, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο, κυρίως στις αναπτυγμένες χώρες. Οι μελέτες περιβαλλοντικής αποκατάστασης έχουν ως βασικό τους αντικείμενο όχι τόσο την περιγραφή και την ανάλυση του υπάρχοντος περιβάλλοντος, όσο την πρόβλεψη της εξέλιξής του στο μέλλον, κάτω από την επίδραση του έργου. Η πρόβλεψη αυτή βέβαια είναι κάτι δύσκολο λόγω πολλών παραγόντων, όπως η ανεπάρκεια των στοιχείων, η πολυπλοκότητα του περιβάλλοντος κλπ. Επίσης, μία ολοκληρωμένη εκτίμηση πρέπει να εξετάζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις όλων των εναλλακτικών λύσεων του έργου, γιατί κάποιες πιθανό να είναι λιγότερο επιβλαβείς για το περιβάλλον, έστω κι αν υστερούν από οικονομικής ή τεχνικής πλευράς. Όλα τα σημαντικά έργα προκειμένου να ελαχιστοποιήσουν τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον πρέπει να εξετάζονται, κατά τη φάση του σχεδιασμού, από την άποψη των ενδεχόμενων επιπτώσεων και να τροποποιούνται εγκαίρως. Ακόμη, πρέπει να επανεκτιμάται η σκοπιμότητα του έργου και να εξετάζεται το ενδεχόμενο ματαίωσής του, στην περίπτωση που οι επιπτώσεις είναι πολύ σοβαρές και η αντιμετώπισή τους αμφίβολη. Είναι σημαντική η προσπάθεια της εκ των προτέρων εκτίμησης και μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, καθώς συμβάλλει στην πρόληψη των περιβαλλοντικών βλαβών, που είναι γενικά ευκολότερη και φθηνότερη από την αντιμετώπισή τους εκ των υστέρων. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις ενός έργου σχετίζονται συνήθως με τη ρύπανση και τη λειτουργία των οικοσυστημάτων. Γενικότερα όμως μπορούν να αναφέρονται και σε θέματα πολιτιστικά, αισθητικά, οικονομικά και κοινωνικά. Οι κυριότερες περιβαλλοντικές παράμετροι που συνδέονται με τη λειτουργία των Μ.Υ.Η.Ε. είναι οι εξής:

- Ø Οπτική όχληση και αισθητική ένταξη.
- Ø Έδαφος (επιφανειακά και υπόγεια νερά).
- Ø Φυσικό περιβάλλον, δηλαδή χλωρίδα και πανίδα (κυρίως ιχθυοπανίδα) και οικολογική παροχή.

Όλα τα ανωτέρω δεν επηρεάζονται στον ίδιο βαθμό από τα έργα που πραγματοποιούνται. Το μέγεθος και η φύση του Μ.Υ.Η.Ε. και τα χαρακτηριστικά του (π.χ. εκτεταμένο οδικό δίκτυο, ύπαρξη ταμιευτήρα, κ.ά.), είναι παράγοντες που καθορίζουν σημαντικά τον βαθμό, στον οποίο ασκείται πίεση στο περιβάλλον. Ένας Μικρός Υδροηλεκτρικός Σταθμός (Μ.Υ.Η.Σ.) αποτελεί εξ' ορισμού ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον. , Αξιοποιώντας τοπικούς πόρους, το σύνολο των επιμέρους παρεμβάσεων του έργου μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος. Επιπλέον, η πλήρης αυτοματοποίηση των Μ.Υ.Η.Ε. οδηγεί στην ελαχιστοποίηση των λειτουργικών εξόδων και περιορίζει τις ανάγκες σε προσωπικό και σε απλές περιοδικές επισκέψεις ελέγχου.

Ακόμη και στην περίπτωση της δημιουργίας μικρών ταμιευτήρων, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των Μ.Υ.Η.Ε. δεν σχετίζονται με αυτές των μεγάλων μονάδων παραγωγής, στις οποίες εντοπίζονται εδαφικές (π.χ. τραυματισμός του εδαφικού προφίλ από τις κατασκευές, αισθητική ένταξη του έργου), οικολογικές (π.χ. πανίδα και χλωρίδα), υδρολογικές (π.χ. δίαιτα του ποταμού, εμπλουτισμός υπόγειων νερών, χρήση του νερού), κοινωνικές (π.χ. μετακίνηση οικισμών λόγω κατάκλισης, αλλαγή συνηθειών) ή οικονομικές διαφοροποιήσεις (π.χ. χρήση γης). Στη συνέχεια, παρατίθενται και σχολιάζονται κάποια βασικά ζητήματα που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την εγκατάσταση και λειτουργία Μ.Υ.Η.Ε. και που επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα την περιβαλλοντική τους «συμβατότητα». Επίσης, πρέπει να τονιστεί ότι τα σημεία αυτά αποτελούν τα βασικά σημεία των επιπτώσεων που μπορούν να επέλθουν από ένα Μ.Υ.Η.Ε. και ανάλογα με την περίπτωση ενδέχεται να διαφοροποιούνται ως προς την έκταση και την έντασή τους.

#### **4.6.2 ΟΠΤΙΚΗ ΟΧΛΗΣΗ – ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ ΕΝΤΑΞΗ**

Η οπτική όχληση προκαλείται κυρίως από τα έργα οδοποιίας (συνοδό έργο του Μ.Υ.Η.Ε.), τα οποία μπορεί να δημιουργήσουν μεγάλα πρηνή που έχουν σημαντική επίπτωση στην αισθητική του τοπίου, εάν δεν σχεδιαστούν και εκτελεστούν προσεκτικά. Επιπλέον, είναι πιθανό να επιφέρουν κατολισθήσεις σε ασταθή εδάφη. Η αλόγιστη διάθεση των μπαζών σε κοντινά ρέματα ή χαράδρες είναι μια έμμεση αλλά σοβαρή επίπτωση. Οι οπτικές επιπτώσεις από το φράγμα και το έργο υδροληψίας, τον αγωγό προσαγωγής, το κτίριο του σταθμού παραγωγής, το οποίο είναι σχετικά μικρό (περίπου 100 m<sup>2</sup>) και μπορεί να έχει τοπικό-παραδοσιακό χαρακτήρα (π.χ. πέτρα), και από τις γραμμές μεταφοράς μπορεί να είναι ελάχιστες, έως και μηδενικές, εάν το έργο σχεδιαστεί με κάποια βασική περιβαλλοντική ευαισθησία. Στα Μ.Υ.Η.Ε. μεγάλης πτώσης, η απόσταση ανάμεσα στα έργα κεφαλής-υδροληψίας και στην έξοδο μπορεί να είναι έως και μερικά χιλιόμετρα, οπότε το εκτρεπόμενο νερό σε κανάλι ή αγωγό μπορεί να είναι ένα έντονο γραμμικό χαρακτηριστικό. Παρ' όλα αυτά, η οπτική παρουσία των καναλιών δεν είναι απαραίτητα επιβλαβής στο τοπίο. Αυτό που θα μπορούσε να προκαλέσει μια μικρή οπτική υποβάθμιση είναι τα πρηνή που διαμορφώνονται κατά μήκος των καναλιών, τα οποία όμως μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα καλύπτονται με αυτοφυή βλάστηση. Η αλλαγή της εμφάνισης κάποιου καταρράκτη, στο εκτρεπόμενο τμήμα των νερών μπορεί να αποτελέσει ένα ακόμη πρόβλημα. Οι πιθανές οπτικές επιπτώσεις στην περίπτωση δημιουργίας ταμιευτήρων, προέρχονται από την κατάκλιση της γης, που μπορεί να επηρεάσει τη γεωργία της περιοχής, τις προστατευόμενες περιοχές, τις τοπικές υποδομές και τους αρχαιολογικούς χώρους. Λόγω της αλλαγής του τοπίου θα προκληθεί οπτική όχληση, και πιθανώς να

προκληθούν αλλαγές στον τοπικό υδροφόρο ορίζοντα, οι οποίες με τη σειρά τους θα προκαλέσουν αλλαγές στο υδάτινο και στο χερσαίο φυσικό περιβάλλον. Στις περισσότερες των περιπτώσεων ωστόσο, ο ταμιευτήρας (όταν επιλέγεται η κατασκευή φράγματος) μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία υγροτόπου και σε ένα καθ' όλα αποδεκτό αισθητικό αποτέλεσμα.

#### **4.6.3 ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, ΧΛΩΡΙΔΑ- ΠΑΝΙΔΑ (ΚΥΡΙΩΣ ΙΧΘΥΟΠΑΝΙΔΑ)**

Συνήθως, οι περιοχές αξιοποίησης υδάτινου δυναμικού εντοπίζονται σε ημιορεινές-ορεινές περιοχές (δασικές ή χέρσες εκτάσεις), όπου εξασφαλίζεται η σκοπιμότητα και η βιωσιμότητα του έργου, με την ύπαρξη του νερού, σε συνδυασμό με την υψομετρική διαφορά που επιτυγχάνεται από το σημείο υδροληψίας μέχρι τον σταθμό παραγωγής ενέργειας. Η παροχή στη φυσική κοίτη του ποταμού κατηφορικά της ορεινής υδροληψίας ή του φράγματος μπορεί να είναι μηδενική, για μεγάλα χρονικά διαστήματα, κάτι που μπορεί να επιφέρει σημαδιακές συνέπειες στη χλωρίδα και την πανίδα, που συναντάται στην περιοχή μεταξύ της υδροληψίας και του σταθμού παραγωγής ενέργειας. Για τον λόγο αυτόν, είναι αναγκαίο να εξασφαλίζεται η κατάλληλη ποσότητα νερού κατηφορικά της υδροληψίας (οικολογική παροχή), για τη διατήρηση της ισορροπίας της χλωρίδας και της πανίδας. Επιπλέον, η αποψίλωση της βλάστησης θα πρέπει να περιορίζεται στην απολύτως αναγκαία έκταση για τη δημιουργία των έργων, κατά τη φάση των κατασκευών. Η χλωρίδα στη λεκάνη κατάκλισης μεταβάλλεται μόνιμα σε περιπτώσεις δημιουργίας ταμιευτήρα, καθώς απαιτείται η εκχέρσωση της βλάστησης που βρίσκεται στη λεκάνη κατάληψης του δημιουργούμενου ταμιευτήρα. Τέλος, είναι αναγκαίο να δίνεται ιδιαίτερη σημασία στην πανίδα που ζει ή χρησιμοποιεί την περιοχή και να εξασφαλίζεται η ελεύθερη κίνηση της ιχθυοπανίδας (εφόσον υπάρχει), έτσι ώστε να μη δημιουργούνται εμπόδια στα είδη ψαριών που διακινούνται κατά μήκος του ποταμού. Για τον λόγο αυτόν, θα πρέπει να προβλέπεται ειδική τεχνική κατασκευή (ιχθυόδρομος).

#### **4.6.4 ΎΔΑΦΟΣ, ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ**

Η συνεχής παροχή των φερτών υλικών κατά μήκος του ποταμού διακόπτεται από την υδροληψία-φράγμα, με αποτέλεσμα να συσσωρεύονται με την πάροδο του χρόνου στην υδροληψία στον δημιουργούμενο ταμιευτήρα. Οι φερτές ύλες αποτελούν πρόβλημα, που απαιτεί συνεχή αντιμετώπιση για την ορθή λειτουργία του έργου. Μακροπρόθεσμα δημιουργείται μεταβολή στην κοίτη και την εκβολή του ποταμού από τη διακοπή της ροής των φερτών, ενώ μπορεί να επέλθει αύξηση της διάβρωσης και κατηφορικά του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αν δεν ληφθούν κατάλληλα μέτρα.

Τα επιφανειακά ύδατα της περιοχής επηρεάζονται σημαντικά από τη λειτουργία των Μ.Υ.Η.Ε. και συγκεκριμένα, από το σημείο του φράγματος-υδροληψίας μέχρι την έξοδο των υδάτων στην κοίτη του ποταμού, στο ύψος του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Αν και θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα ελάχιστης παροχής για τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας (οικολογική παροχή), στο τμήμα αυτό θα μειωθεί δραστικά η υδατική δίαιτα του ποταμού, με την αξιοποίηση του υδάτινου δυναμικού. Παράλληλα, κατά τον σχεδιασμό και τη χωροθέτηση ενός Μ.Υ.Η.Ε., θα πρέπει να εξασφαλίζονται οι υφιστάμενες χρήσεις του νερού κατάντη του έργου

υδροληψίας και μέχρι τον σταθμό παραγωγής ή να εξετάζονται εναλλακτικές λύσεις. Αξίζει να σημειωθεί το γεγονός ότι μετά την αξιοποίηση του νερού, δεν επέρχεται καμιά μεταβολή στην ποιότητά του. Τέλος, σημειώνεται ανύψωση της στάθμης της ελεύθερης επιφάνειας του νερού, με αποτέλεσμα την ανύψωση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, στην περίπτωση κατασκευής φράγματος και δημιουργίας ταμειυτήρα.

Περιβαλλοντικά θέματα Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων		
Θετικές επιδράσεις	Επιπτώσεις	Προτάσεις
Απουσία εκπομπών (CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> ).	Οπτική όγληση/τοπίο.	Χρήση υλικών και πρακτικών της περιοχής για κατασκευές. Κατάλληλος σχεδιασμός και χωροθέτηση των στοιχείων του Μ.Υ.Η.Ε. Εγκιβωτισμός αγωγών, κατάλληλη χάραξη οδικού δικτύου, χρήση υφιστάμενων όρμων.
Συμβολή στην αύξηση οξυγόνωσης των υδατορευμάτων.	Θνησιμότητα ιχθυοπανίδας.	Κατάλληλος σχεδιασμός (π.χ. χρήση παγίδων ιχθυοπανίδας στην υδροληψία, χρήση ιχθυόδρομων όπου απαιτείται).
Ο ταμειυτήρας (όταν χρησιμοποιείται) δημιουργεί νέους βιότοπους.	Σύνδεση με το δίκτυο.	Περιορισμός επιπτώσεων (π.χ. αποκατάσταση περιοχής, επιλογή υπόγειων εργασιών).
	Χλωρίδα και υδατικοί Πόροι.	Μείωση της επέμβασης σε οικοσυστήματα και εκχέρωση βλάστησης. Εξασφάλιση οικολογικής παροχής και χρήσεων νερού κατάντη.
	Οδικό δίκτυο.	Περιορισμός επιπτώσεων (π.χ. χρήση του υφιστάμενου δικτύου όπου είναι εφικτό, κατάλληλη διάνοξη όρμων, αποκατάσταση πρηνών και φυσικής βλάστησης, συντήρηση του οδικού δικτύου).



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

### **ΜΙΚΡΟ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΕΡΓΟ ΣΤΟ ΤΣΕΤΣΕΒΙΤΙΚΟ ΡΕΜΑ**

#### **5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΣΗΣ ΕΡΓΟΥ**

Το έργο που θα μας απασχολήσει είναι ένα μικρό υδροηλεκτρικό έργο (Μ.Υ.Η.Ε) που πρόκειται να κατασκευασθεί στο Τσετσεβίτικο ρέμα, το οποίο γεωγραφικά ανήκει στους δήμους Ερινεού και Συμπολιτείας του νομού Αχαΐας στην περιφέρεια Δυτ. Ελλάδος.

Το Μ.Υ.Η.Ε θα αποτελείται από τα εξής επί μέρους έργα:

- Ορεινή υδροληψία (τύπου ΤΥΡΟΛΟΥ) με ύψος αναβαθμού 1,2 μέτρα και χωρίς χρήση φράγματος.
- Αγωγό μεταφοράς από την υδροληψία έως τον αμμοκράτη διαμέτρου Φ1000 και μήκους 200m.
- Αμμοκράτη για την απομάκρυνση των φερτών υλικών
- Αγωγό προσαγωγής μήκους 2700m και κυμαινόμενης διαμέτρου (Φ700, Φ800 και Φ900) από τον αμμοκράτη έως τον υδροηλεκτρικό σταθμό.
- Υδροηλεκτρικό σταθμό αποτελούμενο από:
  - Υδροστρόβιλο ισχύος 1725 KW
  - Γεννήτρια ισχύος 2000 KVA
- Βοηθητικούς δρόμους προσπέλασης

Σκοπός του έργου αυτού είναι η ενεργειακή εκμετάλλευση των υδάτων του Τσετσεβίτικου ρέματος, παραποτάμου του ποταμού Φοίνικα στη περιοχή πλησίον του οικισμού «Τσετσεβαίικα». Το έργο θα εκμεταλλεύεται μια δημιουργούμενη πτώση 234m σε συνολικό μήκος κοίτης 2700m περίπου.

Το Τσετσεβίτικο ρέμα πηγάζει από τις πλαγιές του Παναχαϊκού όρους, σε υψόμετρο 2000m περίπου. Η παροχή του εμπλουτίζεται με τα ύδατα πολλών πηγών και ρεμάτων κατά μήκος της διαδρομής του. Η θέση ενδιαφέροντος (θέση της κύριας υδροληψίας του έργου) βρίσκεται 150m ανάντη της συμβολής του Τσετσεβίτικου ρέματος με το «ανώνυμο» ρέμα, που απορρέει από την περιοχή «ρωμαίικο» και ρέει με κατεύθυνση βορειοανατολική, σε υψόμετρο κοίτης περί τα 595m. Το συνολικό εμβαδόν της ανάντη λεκάνης απορροής που ορίζεται από την υδροληψία είναι ίσον με 18,69km<sup>2</sup> και το μέσο υψόμετρο της είναι ίσο με 1301m. Ο ΥΗΣ θα συνδεθεί με το δίκτυο ΜΤ της ΔΕΗ, μέσω Μ/Σ ανύψωσης τάσης. Θα χρησιμοποιηθούν υπάρχουσες οδοί και θα γίνουν τμηματικές διανοίξεις δρόμων, για τη προσπέλαση στο κτίριο του σταθμού παραγωγής και στην υδροληψία, όπως επίσης θα διανοιχθούν δρόμοι συνολικού μήκους 700m περίπου για την τοποθέτηση του αγωγού.

## 5.2 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΕΡΓΩΝ

Θα κατασκευαστεί μικρός υπερχειλιστής ύψους 1,2μ από την κοίτη του ρέματος, για την απόληψη των υδάτων του Τσετσεβίτικου ρέματος, με κανάλι πλάτους 1,5 μ και κλίση ροής 5% προς την μια κατεύθυνση για την συλλογή των διερχομένων υδάτων. Η συλλογή αυτή θα γίνει με κεκλιμένες εσχάρες (κλίση 4/1) που θα καλύψουν το κανάλι σε όλο το μήκος (σχεδια 1,2,3).

Στο κανάλι της εσχάρωσης, η εισροή θα γίνεται από τα διάκενα 15mm που θα αφήνουν οι οριζόντιες λάμες της εσχάρας με σκοπό τον περιορισμό του όγκου των φερτών που θα μεταφέρεται στον εξαμμωτή(σχεδιο 4). Για την προστασία των πρανών και για την καθοδήγηση της πλημμύρας, η υδροληψία θα φέρει προστατευτικούς τοίχους.

Μετά τον υπερχειλιστή θα κατασκευαστούν λεκάνη ηρεμίας και αναβαθμός ύψους 1m, για την καταστροφή του υδραυλικού άλματος, που θα προκύψει από την υπερχειλίζουσα παροχή. Το μήκος του υπερχειλιστή και της λεκάνης ηρεμίας θα ανέλθει στα 9,5m, ενώ του αναβαθμού στα 2,5m, άρα το συνολικό μήκος θα ανέλθει στα 12m. Το συνολικό μήκος επέμβασης από το φυσικό έδαφος της στέψης έως το φυσικό έδαφος εξόδου του αναβαθμού, ανέρχεται στα 18-20m. Άρα στο μήκος αυτό θα γίνει η κατασκευή του ιχθυοδρόμου και στο αντίθετο άκρο συλλογής των νερών του καναλιού εσχάρωσης.

Ο ιχθυόδρομος (σχεδιο 5) θα κατασκευαστεί στην δεξιά πλευρά των έργων υδροληψίας σε μήκος 18m. Θα κατασκευαστεί από ανοιχτή διώρυγα πλάτους 0,85m με κατακόρυφα πλευρικά τοιχώματα και θα φέρει ανά 3m αναβαθμούς ύψους 0,2m οι οποίοι θα διαμορφώνουν επίπεδα κανάλια με ανεπένδυτο πυθμένα. Θα κατασκευάζονται υπερχειλιστές πλάτους 0,85m και ύψους 0,4m ανά 3m, ώστε να διαμορφώνονται αναβαθμοί ύψους 0,2m και ελεύθερο ύψος 0,2m. Το κανάλι θα φέρει στην αρχή το θυρόφραγμα διαστάσεων 0,85m\*0,8m για την ρύθμιση της παροχής. Επί πρόσθετα, θα φέρει και θυρόφραγμα στο τέλος του ιχθυοδρόμου για την ρύθμιση της ανάντη στάθμης ώστε να έχουμε πάντα ύψος νερού τουλάχιστον 0,2m.

Τα πρανή εκατέρωθεν της υδροληψίας αποτελούνται από ασβεστολιθικούς σχηματισμούς με έντονη κλίση. Ο αγωγός μεταφοράς από την υδροληψία στον εξαμμωτή θα ξεκινά από τον πυθμένα του καναλιού υπερχείλισης με κατεύθυνση προς το αριστερό πρανές και θα οδηγεί το νερό με χαμηλή πίεση στον εξαμμωτή. Από την άκρη του καναλιού της υδροληψίας θα ξεκινήσει ο αγωγός διαμέτρου 1m συνολικού μήκους 200m για την μεταφορά του νερού μέχρι τον εξαμμωτή. Στα πρώτα μέτρα ο αγωγός θα τοποθετηθεί στο αριστερό άκρο του υδατορέματος όπου θα διαμορφωθεί και ο εργοταξιακός δρόμος προσπέλασης πλάτους 3m. Στη συνέχεια θα διέλθει εναέρια με σιδηρά κατασκευή στο απέναντι δεξιό πρανές του υδατορέματος, όπου και θα συνεχίσει μέχρι τον αμμοκράτη. Για να είναι δυνατή η συντήρηση της υδροληψίας τους χειμερινούς μήνες, η σιδηρά κατασκευή θα φέρει στο άκρο και πεζογέφυρα για την διέλευση ανθρώπων.

Ο εξαμμωτής θα έχει μήκος 20m και πλάτος 2,5m και ελάχιστο βάθος 1,10m και θα κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα με κεκλιμένο επίπεδο. Η προσαγωγή του νερού στον εξαμμωτή θα ελέγχεται με το υδρόφραγμα την περίοδο έντονων

βροχοπτώσεων, έτσι ώστε η διερχόμενη παροχή να είναι το πολύ ίση με την μέγιστη παροχή λειτουργίας της υδροληψίας.

Το νερό από τον εξαμμωτή θα οδηγείται με υπερχειλίση στο φρεάτιο φόρτισης και μέσω του αγωγού προσαγωγής θα οδηγείται στο στρόβιλο του ΥΗΣ. Ο αγωγός προσαγωγής θα φέρει δικλείδα στην αρχή του για την απομόνωση του και την ρύθμιση της προσαγόμενης παροχής.

Στο φρεάτιο φόρτισης θα εγκατασταθεί ηλεκτρονικό σταθμόμετρο για την αυτόματη λειτουργία της μονάδας που θα δίνει σήμα στο σύστημα ελέγχου του ΥΗΣ. Η σύνδεση του σταθμόμετρου με τον ΥΗΣ θα γίνει με θωρακισμένο καλώδιο που θα οδεύει κατά μήκος του αγωγού προσαγωγής. Δεδομένου του μικρού μεγέθους της υδροληψίας και της μορφολογίας της περιοχής γεωλογικά δεν αναμένεται να υπάρξουν προβλήματα διαρροών.

Κατασκευή αγωγού προσαγωγής.

Σε αυτό το σημείο θα αναφερθούμε εκτενεστέρα στο είδος των σωλήνων που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του αγωγού προσαγωγής, οι οποίοι θα είναι σωλήνες GRP.

Οι σωλήνες GRP (Glass Reinforced Polyester) αποτελούνται από ακόρεστες πολυεστερικές ρητίνες, ίνες γυαλιού και πυριτική άμμο. Υπάρχουν διαθέσιμες τρεις διαφορετικές τυποποιημένες ρητίνες, οι οποίες αναμιγνύονται με τα λοιπά υλικά με την μέθοδο της φυγοκέντρωσης, για να επιτευχθούν οι απαιτούμενες ιδιότητες. Η παραγωγή γίνεται με φυγοκέντρωση των υλικών με επιταχύνσεις της τάξης των 70 g. Με αυτή τη διαδικασία το υλικό γίνεται εξαιρετικά πυκνό, συμπαγές και απολύτως ελεύθερο από φυσαλίδες αέρα (δεν παγιδεύονται στην υγρή ρητίνη). Δημιουργούνται διακριτά επάλληλα στρώματα διαφορετικής σύνθεσης υλικών, που το καθένα προσφέρει διαφορετικές ιδιότητες στο σωλήνα.

Οι σωλήνες GRP αποτελούνται από τα παρακάτω διακριτά, επάλληλα στρώματα υλικών:

A. Εξωτερική προστατευτική επένδυση από πολυεστερική ρητίνη (προσφέρει προστασία έναντι της UV ακτινοβολίας, έναντι της διάβρωσης και έναντι της τριβής και της κρούσης).

B. Δομικά Στρώματα

1) Εξωτερικό ενισχυτικό στρώμα από ίνες υάλου εντός πολυεστερικής ρητίνης (προσδίδει αντοχή)

2) Πυρήνας από ίνες υάλου εντός πολυεστερικής ρητίνης και χαλαζιακή άμμο (προσδίδει αντοχή και ακαμψία).

3) Εσωτερικό ενισχυτικό στρώμα από ίνες υάλου εντός πολυεστερικής ρητίνης (προσδίδει αντοχή)

4) Στρώμα απομόνωσης (προσδίδει ελαστικότητα και αδιαπερατότητα).

Γ. Εσωτερική προστατευτική επένδυση ελεύθερη από ίνες υάλου (προσδίδει εξαιρετικά χαμηλό συντελεστή τριβής  $K \sim 0,010 \text{ mm}$ , καθώς και προστασία έναντι της τριβής και των χημικών ουσιών).

Κρίσιμο στοιχείο από την άποψη της σωστής συναρμολόγησης είναι η ακρίβεια των διαστάσεων των σωλήνων, που πρέπει να ανταποκρίνεται στα Πρότυπα ΕΛΟΤ EN 14364 (ISO 10457) ή ΕΛΟΤ EN 1796 (ISO 10639)

Οι σωλήνες GRP και τα συμπληρωματικά εξαρτήματα τους προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα σε υδροηλεκτρικές εφαρμογές και σε αγωγούς μεταφοράς υπό πίεση:

- Αντιδιαβρωτικό υλικό
- Υδραυλικά χαρακτηριστικά που παραμένουν ουσιαστικά αμετάβλητα με την πάροδο του χρόνου
- Μοναδική και σταθερή απόδοση του προϊόντος σε εξαιρετικά θερμά και ψυχρά κλίματα
- Χαμηλό ύψος τριβών εξαιτίας της λείας εσωτερικής επιφάνειας τους
- Η υπερπίεση λόγω του υδραυλικού πλήγματος είναι 50% χαμηλότερη σε σύγκριση με τους χαλυβδοσωλήνες ή τους σωλήνες από ελατό χυτοσίδηρο σε παρόμοιες συνθήκες
- Σχετική ευκολία στην εγκατάσταση, καθώς και απλός χειρισμός ακόμα και σε απαιτητικό έδαφος εξαιτίας του χαμηλού βάρους τους και των προσυναρμολογημένων συνδέσμων με παρεμβύσματα
- Αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία
- Οι σύνδεσμοι ακριβείας με ελαστικά παρεμβύσματα επιτρέπουν την εύκολη εγκατάσταση και αποτρέπουν την διαφυγή και την διείσδυση
- Χαμηλό λειτουργικό κόστος
- Δεν απαιτούνται μελέτες διάβρωσης (Καθοδική προστασία)
- Χαμηλό κόστος συντήρησης
- Μεγάλη διάρκεια ζωής

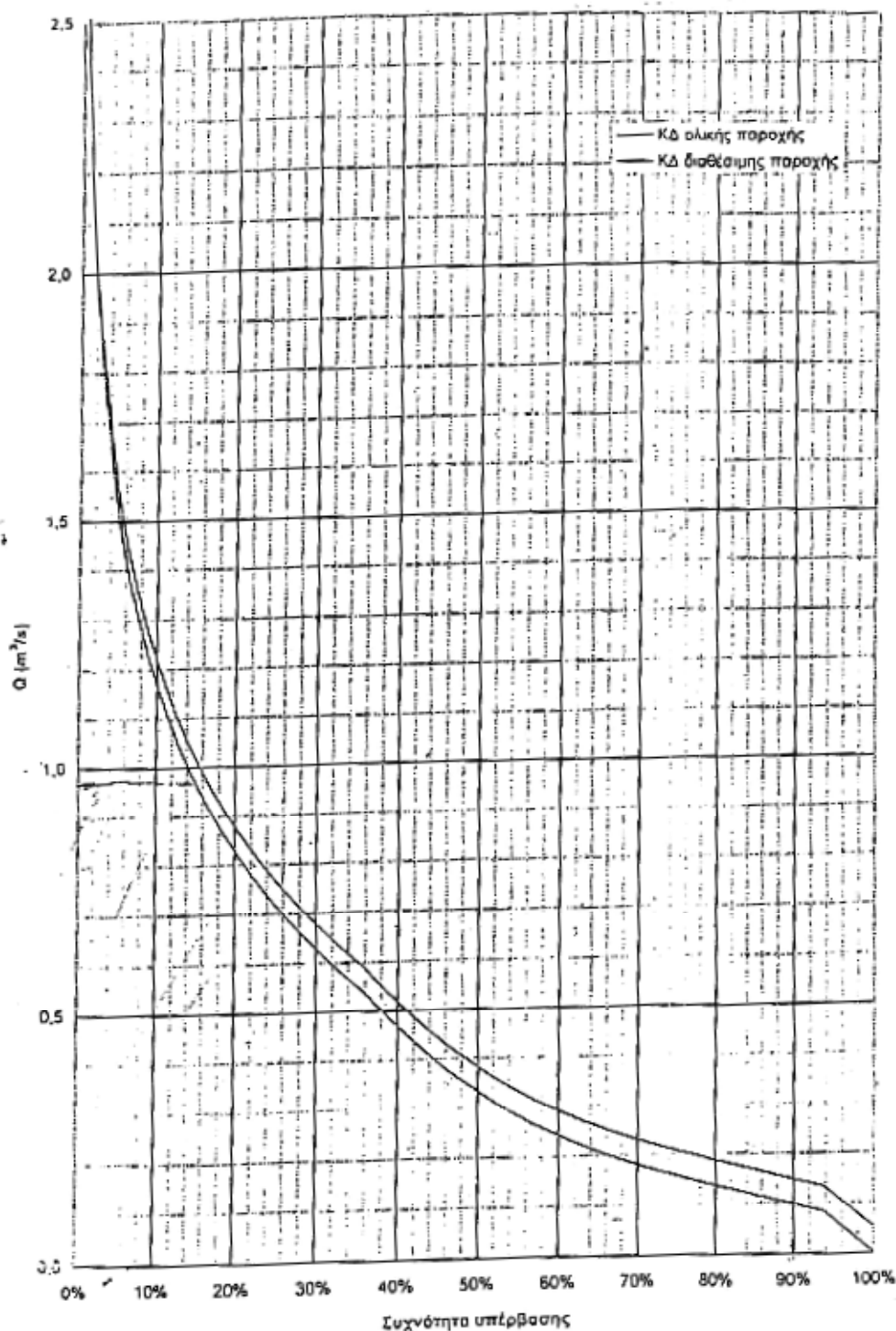
Ως μειονέκτημα αυτών των σωλήνων μπορεί να θεωρηθεί, ότι κατά την εγκατάστασή τους απαιτείται πολύ προσοχή, ώστε να χρησιμοποιηθούν τα κατάλληλα υλικά εγκιβωτισμού (άμμος) και επίχωσης (αμμοχάλικο) και η πολύ καλή συμπύκνωση που είναι απαραίτητο να γίνει.

### 5.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΟ Μ.Υ.Η.Ε. ΤΣΕΤΣΕΒΙΤΙΚΟΥ

Το πρώτο βήμα για τον σχεδιασμό ενός ΜΥΗΕ είναι η κατασκευή της Καμπύλης Διάρκειας Παροχών (ΚΔΠ). Όπως έχει ήδη αναφερθεί η ΚΔΠ παριστάνει επί οριζοντίου άξονα, για δεδομένη παροχή επί του κατακορύφου άξονα, το ποσοστό (ή την διάρκεια) του χρόνου κατά τον οποίο η παροχή του υδατορεύματος είναι μεγαλύτερη ή ίση της τιμής αυτής.

Από την υδρολογική μελέτη του έργου προέκυψε η ΚΔΠ που φαίνεται στο παρακατω σχήμα

Καμπυλη διαρκειας Τσετσεβιτικου στη θεση υδροληψιας



Με δεδομένη την καμπύλη διάρκειας της παροχής του υδατορεύματος στην θέση της υδροληψίας του μικρού υδροηλεκτρικού υπολογίσαμε την ενέργεια, που αναμένεται να παραχθεί ετησίως.

Η παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος θα γίνεται μέσω υδροστροβίλου τύπου Pelton δυο στομιών (JETS) από νερό παροχευετικότητας 0,95 m<sup>3</sup>/sec και μέσο καθαρό ύψος πτώσης 228m.

Η ονομαστική παροχή 0,95 m<sup>3</sup>/sec, όπως φαίνεται από την καμπύλη διάρκειας είναι εξασφαλισμένη για χρονικό διάστημα 15% ετησίως. Επί πλέον η ελάχιστη παροχή λειτουργίας του αντιστοιχεί στο 10% της ονομαστικής παροχής του, δηλ. 0,095 m<sup>3</sup>/sec. Έτσι για τις διάφορες τιμές της διαθέσιμης παροχής, οι οποίες αντιστοιχούν σε ορισμένο χρονικό διάστημα, το οποίο εκφράζεται ως ποσοστό επί τοις % ενός έτους, υπολογίσθηκε η παραγόμενη ενέργεια. Για κάθε τιμή της παροχής υπολογίσθηκαν οι απώλειες υδραυλικού φορτίου και στην συνέχεια έγιναν οι ενεργειακοί υπολογισμοί. Παρακάτω στην παράγραφο 5.7 γίνεται περιγραφή των υδραυλικών υπολογισμών ενώ στην παράγραφο 5.8 πειγράφονται οι ενεργειακοί υπολογισμοί και παρατίθενται οι σχετικοί πίνακες.

Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι για την τελική επιλογή της διαμέτρου του αγωγού προσαγωγής, πραγματοποιήθηκε ανάλυση με την βοήθεια προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστή, που είχε στόχο την όσο δυνατόν μεγιστοποίηση της απόδοσης του έργου. Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης, προέκυψε ότι η οικονομικά αποδοτικότερη λύση είναι η επιλογή σωλήνα διαμέτρου 700mm για τα πρώτα 670m μήκους του αγωγού, σωλήνα διαμέτρου 800mm για τα επόμενα 632m μήκους και σωλήνα διαμέτρου 900mm για τα υπόλοιπα 1442m. Επιλέχτηκε όμως έχει ήδη αναφερθεί η λύση του σωλήνα από GRP, ως υλικό της σωληνώσεως. Πιο συγκεκριμένα θα χρησιμοποιηθεί σωλήνας GRP Φ900 πίεσης 10atm για τα πρώτα 695,24m, GRP Φ900 πίεσης 16atm για τα επόμενα 746,75m, GRP Φ800 πίεσης 25atm για τα επόμενα 632,16m και GRP Φ700 πίεσης 332atm για τα υπόλοιπα 669,61 μέτρα. Επίσης, τα ειδικά τεμάχια θα είναι από υλικό GRP και οι σωληνώσεις θα είναι ακαμψίας SN 10000.

## 5.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΣΤΟΝ ΑΓΩΓΟ

Θα υπολογίσουμε τις υδραυλικές απώλειες για τις διάφορες τιμές της παροχής, παίρνοντας ως δεδομένη την γεωμετρία του αγωγού προσαγωγής.

Συγκεκριμένα από την μελέτη του έργου προέκυψε η εξής επιλογή διαμέτρου σωλήνων.

Για τα πρώτα 670 μέτρα επιλέχθηκε διάμετρος 700 mm, για τα επόμενα 632 μέτρα διάμετρος 800 mm και για τα υπόλοιπα 1442 μέτρα διάμετρος 900mm.

Ως υλικό επιλέχθηκαν σωλήνες GRP .

Η στάθμη στην δεξαμενή φόρτισης υπολογίζεται να είναι ίση με 600m και διατηρείται σταθερή μέσω του αυτοματισμού (σταθμήμετρο), ενώ η στάθμη όπου τοποθετείται ο στρόβιλος Pelton είναι ίση με 366m.

Στη συνέχεια, παρατίθεται το θεωρητικό υπόβαθρο που αφορά στον υπολογισμό των υδραυλικών απωλειών. Οι υδραυλικές απώλειες στον αγωγό προσαγωγής ενός ΜΥΗ, διακρίνονται σε γραμμικές και σε εντοπισμένες (τοπικές). Οι μεν γραμμικές χαρακτηρίζονται έτσι, γιατί είναι ανάλογες του μήκους του αγωγού πτώσεως και κατανέμονται ισότροπα σε αυτό, οι δε εντοπισμένες απώλειες προκαλούνται από διάφορες διαμορφώσεις ή/και εξαρτήματα του αγωγού πτώσεως. Παρακάτω παρουσιάζεται η μεθοδολογία υπολογισμού των υδραυλικών απωλειών.

Παρατίθεται πρώτα η ανάλυση για τις γραμμικές και στη συνέχεια για τις εντοπισμένες απώλειες.

Οι γραμμικές απώλειες υπολογίζονται από τη σχέση *Darcy – Weisbach*. Η συγκεκριμένη σχέση αναφέρεται σε σωλήνα ευθύ, κυκλικής διατομής, ο οποίος είναι γεμάτος από το διακινούμενο υγρό και οι υδραυλικές απώλειες αναπτύσσονται κατά το μήκος του. Η σχέση αυτή δίνεται παρακάτω:

$$\Delta h_f = l \frac{L V_m^2}{D 2g}$$

Όπου,

L = μήκος κυλινδρικού αγωγού

D = Διάμετρος κυλινδρικού αγωγού

V<sub>m</sub> = η μέση ταχύτητα της ροής στο σωλήνα

g = η επιτάχυνση της βαρύτητας (9.81 m/sec)

λ = ο συντελεστής τριβής

Η τιμή του αδιάστατου συντελεστή  $\lambda$  των γραμμικών απωλειών εξαρτάται από την τιμή του αριθμού Reynolds και από τη σχετική τραχύτητα των τοιχωμάτων του σωλήνα. Ο αριθμός Reynolds της ροής χαρακτηρίζει το δυναμικό χαρακτήρα της και ορίζεται ως:

$$Re = \frac{V_{\mu} * D_H}{\nu}$$

Όπου,

$V_{\mu}$  = η μέση ταχύτητα της ροής στο σωλήνα

$D_H$  = η υδραυλική διάμετρος του αγωγού

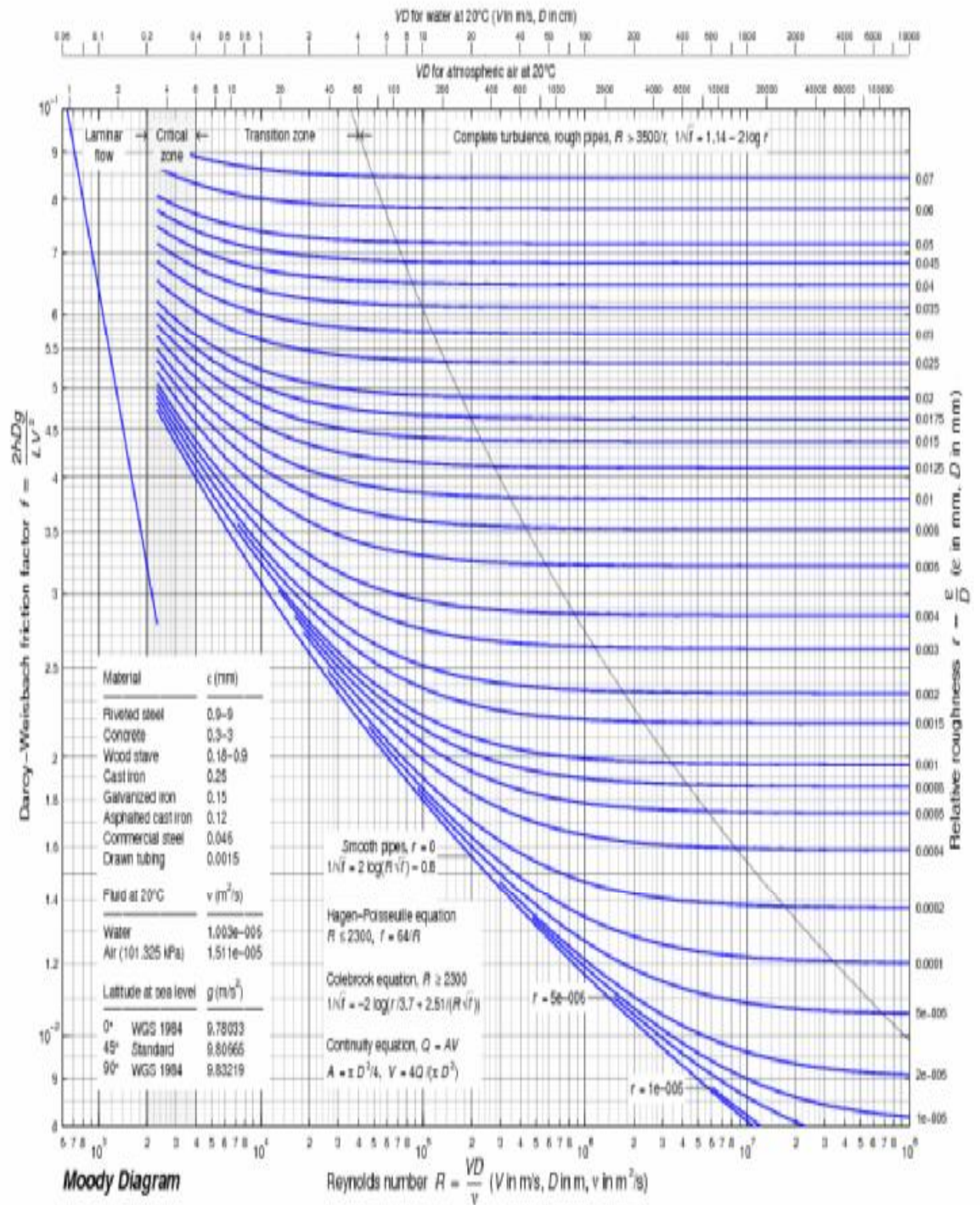
$\nu$  = η κινηματική συνεκτικότητα του νερού ( $\nu = 1,15 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$ )

Έτσι, το κύριο ζητούμενο για τον υπολογισμό των γραμμικών απωλειών είναι ο προσδιορισμός του αδιάστατου συντελεστή  $\lambda$ . Η τιμή του  $\lambda$  συναρτησει του αριθμού Reynolds της ροής και με παράμετρο τη σχετική τραχύτητα  $\epsilon_s$  του αγωγού δίνεται από το διάγραμμα Moody, το οποίο παρουσιάζεται παρακάτω. Η σχετική τραχύτητα των διαβρεχόμενων επιφανειών του αγωγού ορίζεται, ως ο λόγος της μέσης τραχύτητας  $\epsilon$  των τοιχωμάτων προς την εσωτερική διάμετρο  $D_{in}$ , ισχύει δηλαδή:

$$\epsilon_s = \frac{\epsilon}{D_{IN}}$$



# THE MOODY DIAGRAM



Ωστόσο, το διάγραμμα Moody είναι κυρίως εποπτικό και όχι ιδιαίτερα εύχρηστο για υπολογιστικές εφαρμογές. Με τη χρήση Η/Υ είναι πλέον εύκολο να προσδιορισθεί ο συντελεστής  $\lambda$  επιλύοντας τις εξισώσεις που ισχύουν. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, ο προσδιορισμός του συντελεστή γραμμικών απωλειών να μπορεί να γίνει από το πρόγραμμα χρησιμοποιώντας διάφορες σχέσεις που έχουν προκύψει από την επεξεργασία πειραματικών μετρήσεων.

Πιο συγκεκριμένα για στρωτή περιοχή της ροής, δηλαδή για  $Re < 2300$ , η τιμή του συντελεστή  $\lambda$  είναι ανεξάρτητη της τραχύτητας των τοιχωμάτων και ισχύει ο νόμος των Hagen – Poiseuille σύμφωνα με τον οποίο:

$$\lambda = 64 / Re$$

Αντίστοιχα για τυρβώδη περιοχή της ροής, η τιμή του  $\lambda$  μπορεί να υπολογιστεί σε πρώτη εκτίμηση με την προσεγγιστική σχέση του Moody που έχει ακρίβεια της τάξεως του 5%. Το αποτέλεσμα που προκύπτει από τη σχέση Moody, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια ως αρχική τιμή για την εφαρμογή της πεπλεγμένης σχέσης των Colebrook – White, η οποία χαρακτηρίζεται ως περισσότερο ακριβής ως προς τα αποτελέσματα της.

Παρακάτω βλέπουμε τις δυο σχέσεις που αναφέραμε.

- Σχέση Moody:

$$\lambda = 4 \cdot 0,001375 \cdot \left( 1 + \left( 20000 \cdot \varepsilon_s + \frac{10^6}{Re} \right)^{0,333} \right)$$

- Σχέση Colebrook – White:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left( \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon_s}{3,71} \right)$$

Ο υπολογισμός των γραμμικών απωλειών στη σωλήνωση γίνεται τελικά με αριθμητική αντικατάσταση στη σχέση Darcy – Weisbach, η οποία έχει ήδη αναφερθεί. Η μέση ταχύτητα της ροής στον αγωγό πτώσης που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό υπολογίζεται από τη σχέση:

$$V = Q/A = Q / (\pi \cdot D^2/4)$$

Όπου:

$Q$ , η διακινούμενη παροχή στον αγωγό πτώσης

$A$ , η διατομή του αγωγού

Το υπόλοιπο μέρος της μεθοδολογίας που παρατίθεται αφορά στον υπολογισμό των εντοπισμένων απωλειών. Στις περισσότερες των περιπτώσεων εμφανίζονται εντοπισμένες απώλειες στις εξής διαμορφώσεις του αγωγού πτώσεως:

- διακλαδώσεις
- στόμια εισόδου ή εξόδου
- καμπυλώσεις του αγωγού
- βάνες
- όταν συμβαίνει συστολή ή διεύρυνση της ροής

Η γενική σχέση που δίνει τις εντοπισμένες απώλειες σε κάθε περίπτωση είναι:

$$\delta h_f = (V_\mu^2 / 2g) * \zeta$$

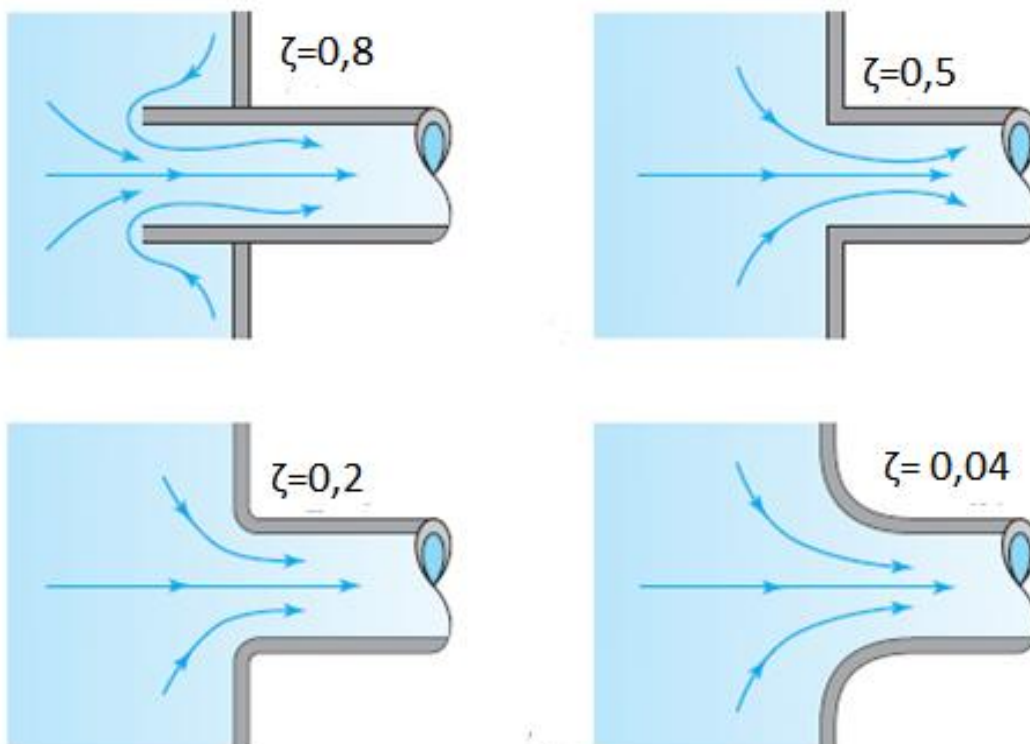
ΟΠΟΥ:

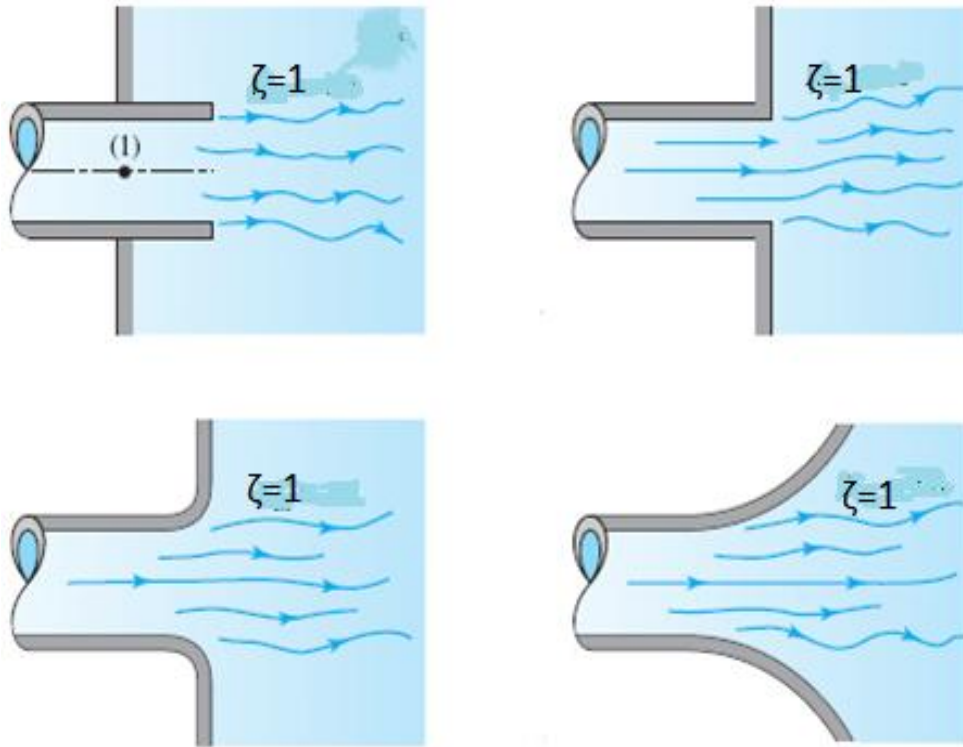
$\zeta$ , ο συντελεστής απωλειών της εντοπισμένης αντίστασης

$V_\mu^2$ , η μέση ταχύτητα της ροής στον αγωγό

$g$ , η επιτάχυνση της βαρύτητας

Η τιμή του  $\zeta$  ποικίλλει ανάλογα με τις αλλαγές που γίνονται στις γραμμές ροής λόγω των κατασκευαστικών λεπτομερειών (πλατύνσεις, στενώσεις, κτλ.)





Στους υπολογισμούς λήφθηκε τραχύτητα για τους σωλήνες GRP ίση με 0,1 mm. Για τις τοπικές απώλειες (στις καμπύλες, μεταβολές στην διατομή κλπ) δεν έγιναν αναλυτικοί υπολογισμοί αλλά εκτιμήθηκαν με προσαύξηση 10% των γραμμικών απωλειών. Η κινηματική συνεκτικότητα  $\nu$  λήφθηκε ίση με  $1,15 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$ . Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι υπολογισμοί των υδραυλικών απωλειών και το διαθέσιμο φορτίο για παροχή  $0,95 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Έγιναν υπολογισμοί για όλες τις τιμές παροχής, που προκύπτουν από την Καμπύλη Διάρκειας για βήμα 1% της συχνότητας υπέρβασης, και υπολογίσθηκε κάθε φορά το διαθέσιμο φορτίο. Οι τιμές της παροχής με το αντίστοιχο φορτίο χρησιμοποιήθηκαν για τους ενεργειακούς υπολογισμούς.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΓΙΑ Q=0,95M<sup>3</sup>/SEC

Κινηματική  $\nu$  1,150E-06  
 Απόλυτη τραχύτητα K 0,1 mm

ΣΗΜΕΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΣΩΛΗΝΑΣ				ΜΗΚΟΣ (m)	ΠΑΡΟΧΗ (m <sup>3</sup> /s)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)	ΑΡΙΘΜΟΣ REYNOLDS $\nu^*D/\nu$ $\times 10^6$	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ Σ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ N ΑΠΩΛΕΙΩΝ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ (m)	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ Π.Γ	ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΦΟΡΤΙΟ
	ΥΛΙΚΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (mm)	ΠΙΕΣΗ (atm)	ΕΣΩΤ.ΔΙΑΜ (mm)									
Υ	2743,76										600	599,75	-0,25
A105	2048,52	900	10	900	695,24	0,95	1,494	1,169	0,0134	1,180	550	598,45	48,452
		900	16	900	746,75	0,95	1,494	1,169	0,0134	1,268			
A72	1301,77	800	25	800	632,16	0,95	1,891	1,315	0,0135	1,947	482	597,06	115,057
		700	32	700	669,61	0,95	2,470	1,503	0,0137	4,064			
A30	669,61									2,142	411	594,92	183,916
Υ/S	0									4,470	366	590,45	224,446
Συνολικές γραμμικές απώλειες										8,458			
Συνολικές γραμμικές και τοπικές απώλειες										9,304			

## 5.8 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Με βάση τα υδρολογικά στοιχεία της περιοχής (Καμπύλη Διάρκειας Παροχών) και οικονομοτεχνική μελέτη του έργου επιλέχθηκε υδροστρόβιλος Pelton με μέγιστη παροχή λειτουργίας 0,95 m<sup>3</sup>/sec και δυνατότητα λειτουργίας έως 10% της μέγιστης παροχής. Το όριο αυτό εμείς το λάβαμε ως κάτω όριο τόσο στους ενεργειακούς υπολογισμούς όσο και στον υπολογισμό του βαθμού ενεργειακής εκμετάλλευσης.

Βάση αυτής της επιλογής έγιναν οι ενεργειακοί υπολογισμοί για την αποδιδόμενη ισχύ και την παραγόμενη ενέργεια.

Για τον υπολογισμό της παραγόμενης ενέργειας για τις διάφορες τιμές της παροχής υπολογίσθηκε κατ'άρχη το καθαρό ύψος πτώσης από την σχέση

$$H_n = H_g - H_f$$

όπου  $H_n$  = καθαρό ύψος πτώσης

$H_g$  = γεωδαιτικό ύψος

$H_f$  = απώλειες λόγω τριβών στον αγωγό.

Ο υπολογισμός της παραγόμενης ενέργειας με τα ύψη που προκύπτουν από την πιο πάνω σχέση, τις παροχές από την καμπύλη διάρκειας και τον τρόπο λειτουργίας των μονάδων δίνεται από την σχέση

$$E(\text{KWh}) = 9.81 * H_n * Q * n_t * n_g * n_{tr} * T$$

όπου  $H_n$  = το καθαρό φορτίο σε m

$Q$  = η εκμεταλλεύσιμη παροχή σε m<sup>3</sup>/h

$n_t$  = ο βαθμός απόδοσης του στροβίλου Pelton (0,894)

$n_g$  = ο βαθμός απόδοσης της γεννήτριας (0,968)

$n_{tr}$  = ο βαθμός απόδοσης Μ/Σ (0,98)

$T$  = οι ώρες λειτουργίας

Ακολουθούν οι πίνακες με τους ενεργειακούς υπολογισμούς, από τους οποίους προκύπτει, ότι κατά μέσο όρο η ετήσια αναμενόμενη παραγόμενη ενέργεια είναι 7.083 MWh.

## Πίνακας ενεργειακών Υπολογισμών

Πιθανότητα	Διαθέσιμη Παροχή	Παροχή στροβίλου	Ποσοστό λειτουργίας	Απόδοση στροβίλου	Καθαρό ύψος	Μηχανική ισχύς Στροβίλου	Παραγόμενη ενέργεια δικτύου		Διαθεσίμη Παροχή		Παροχή εκμεταλλευσιμη		
								Αθροιστικ		Αθροιστικά		Αθροιστικά	
	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	%	%	(m)	KW	MWH	MWH	m <sup>3</sup> *10 <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> *10 <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> *10 <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> *10 <sup>3</sup>	
0	0												
1	0,01	2,307	0,95	100	0,894	224,446	1869,999	155,399	155,40	727,63	727,63	299,59	299,59
2	0,02	1,965	0,95	100	0,894	224,446	1869,999	155,399	310,80	619,68	1.347,31	299,59	599,18
3	0,03	1,765	0,95	100	0,894	224,446	1869,999	155,399	466,20	556,54	1.903,85	299,59	898,78
4	0,04	1,623	0,95	100	0,894	224,446	1869,999	155,399	621,59	511,74	2.415,60	299,59	1.198,37
5	0,05	1,513	0,95	100	0,894	224,446	1869,999	155,399	776,99	476,99	2.892,59	299,59	1.497,96
6	0,06	1,422	0,95	100	0,894	224,446	1869,999	155,399	932,39	448,60	3.341,18	299,59	1.797,55
7	0,07	1,346	0,95	100	0,894	224,446	1869,999	155,399	1.087,79	424,59	3.765,77	299,59	2.097,14
8	0,08	1,280	0,95	100	0,894	224,446	1869,999	155,399	1.243,19	403,80	4.169,57	299,59	2.396,74
9	0,09	1,222	0,95	100	0,894	224,446	1869,999	155,399	1.398,59	385,45	4.555,02	299,59	2.696,33
10	0,1	1,170	0,95	100	0,894	224,446	1869,999	155,399	1.553,99	369,05	4.924,07	299,59	2.995,92
11	0,11	1,123	0,95	100	0,894	224,446	1869,999	155,399	1.709,38	354,20	5.278,27	299,59	3.295,51
12	0,12	1,080	0,95	100	0,894	224,446	1869,999	155,399	1.864,78	340,65	5.618,93	299,59	3.595,10
13	0,13	1,041	0,95	100	0,894	224,446	1869,999	155,399	2.020,18	328,19	5.947,12	299,59	3.894,70
14	0,14	1,004	0,95	100	0,894	224,446	1869,999	155,399	2.175,58	316,65	6.263,76	299,59	4.194,29
15	0,15	0,970	0,95	100	0,894	224,446	1869,999	155,399	2.330,98	305,90	6.569,67	299,59	4.493,88
16	0,16	0,938	0,938	98,74	0,896	224,672	1852,373	153,934	2.484,91	295,85	6.865,52	295,81	4.789,69
17	0,17	0,908	0,908	95,58	0,898	225,226	1801,561	149,711	2.634,62	286,41	7.151,93	286,35	5.076,03
18	0,18	0,880	0,88	92,63	0,899	225,727	1751,842	145,580	2.780,20	277,51	7.429,44	277,52	5.353,55
19	0,19	0,853	0,853	89,79	0,9	226,196	1703,516	141,564	2.921,77	269,09	7.698,53	269,00	5.622,55
20	0,2	0,828	0,828	87,16	0,9	226,619	1656,675	137,671	3.059,44	261,10	7.959,63	261,12	5.883,67
21	0,21	0,804	0,804	84,63	0,9	227,013	1611,452	133,913	3.193,35	253,50	8.213,13	253,55	6.137,22
22	0,22	0,781	0,781	82,21	0,901	227,380	1569,628	130,437	3.323,79	246,26	8.459,39	246,30	6.383,52
23	0,23	0,759	0,759	79,89	0,901	227,722	1527,706	126,954	3.450,74	239,34	8.698,73	239,36	6.622,88
24	0,24	0,738	0,738	77,68	0,901	228,039	1487,509	123,613	3.574,35	232,71	8.931,44	232,74	6.855,61
25	0,25	0,718	0,718	75,58	0,901	228,334	1449,067	120,419	3.694,77	226,35	9.157,79	226,43	7.082,04
26	0,26	0,698	0,698	73,47	0,901	228,620	1410,471	117,211	3.811,98	220,24	9.378,03	220,12	7.302,16
27	0,27	0,680	0,68	71,58	0,901	228,872	1375,609	114,314	3.926,30	214,37	9.592,40	214,44	7.516,61
28	0,28	0,662	0,662	69,68	0,9	229,117	1339,144	111,284	4.037,58	208,70	9.801,10	208,77	7.725,37
29	0,29	0,644	0,644	67,79	0,9	229,356	1304,089	108,371	4.145,95	203,24	10.004,34	203,09	7.928,47

30	0,3	0,628	0,628	66,11	0,899	229,563	1271,424	105,656	4.251,61	197,96	10.202,30	198,05	8.126,51
31	0,31	0,612	0,612	64,42	0,899	229,765	1240,123	103,055	4.354,67	192,85	10.395,15	193,00	8.319,51
32	0,32	0,596	0,596	62,74	0,899	229,963	1208,739	100,447	4.455,11	187,91	10.583,06	187,95	8.507,47
33	0,33	0,581	0,581	61,16	0,898	230,143	1177,932	97,887	4.553,00	183,12	10.766,18	183,22	8.690,69
34	0,34	0,566	0,566	59,58	0,897	230,320	1147,120	95,327	4.648,33	178,47	10.944,65	178,49	8.869,18
35	0,35	0,552	0,552	58,11	0,896	230,480	1118,278	92,930	4.741,26	173,95	11.118,60	174,08	9.043,26
36	0,36	0,537	0,537	56,53	0,896	230,648	1088,683	90,470	4.831,73	169,29	11.287,88	169,35	9.212,61
37	0,37	0,519	0,519	54,59	0,895	230,844	1051,200	87,356	4.919,08	163,56	11.451,44	163,56	9.376,17
38	0,38	0,501	0,501	52,75	0,894	231,033	1015,337	84,375	5.003,46	158,03	11.609,47	158,03	9.534,20
39	0,39	0,484	0,484	50,96	0,893	231,207	980,620	81,490	5.084,95	152,68	11.762,15	152,68	9.686,88
40	0,4	0,468	0,468	49,24	0,893	231,365	948,095	78,787	5.163,74	147,52	11.909,67	147,52	9.834,40
41	0,41	0,452	0,452	47,57	0,893	231,518	916,650	76,174	5.239,91	142,53	12.052,20	142,53	9.976,93
42	0,42	0,437	0,437	45,97	0,892	231,656	885,235	73,564	5.313,47	137,72	12.189,92	137,72	10.114,65
43	0,43	0,422	0,422	44,42	0,892	231,791	855,887	71,125	5.384,60	133,07	12.322,99	133,07	10.247,72
44	0,44	0,408	0,408	42,92	0,892	231,913	827,524	68,768	5.453,37	128,60	12.451,59	128,60	10.376,32
45	0,45	0,394	0,394	41,48	0,891	232,031	799,262	66,419	5.519,79	124,28	12.575,87	124,28	10.500,60
46	0,46	0,381	0,381	40,10	0,891	232,136	772,874	64,226	5.584,01	120,12	12.695,99	120,12	10.620,72
47	0,47	0,368	0,368	38,76	0,891	232,239	747,439	62,113	5.646,13	116,12	12.812,11	116,12	10.736,84
48	0,48	0,356	0,356	37,47	0,891	232,331	722,909	60,074	5.706,20	112,26	12.924,37	112,26	10.849,10
49	0,49	0,344	0,344	36,23	0,891	232,420	699,288	58,111	5.764,31	108,55	13.032,93	108,55	10.957,65
50	0,5	0,333	0,333	35,04	0,891	232,499	676,530	56,220	5.820,53	104,98	13.137,91	104,98	11.062,64
51	0,51	0,322	0,322	33,90	0,89	232,576	653,900	54,340	5.874,87	101,55	13.239,46	101,55	11.164,19
52	0,52	0,312	0,312	32,80	0,89	232,644	632,846	52,590	5.927,46	98,25	13.337,72	98,25	11.262,45
53	0,53	0,302	0,302	31,74	0,89	232,710	612,606	50,908	5.978,37	95,09	13.432,80	95,09	11.357,53
54	0,54	0,292	0,292	30,72	0,889	232,774	592,488	49,236	6.027,61	92,04	13.524,84	92,04	11.449,57
55	0,55	0,283	0,283	29,75	0,888	232,830	573,160	47,630	6.075,24	89,12	13.613,96	89,12	11.538,69
56	0,56	0,274	0,274	28,81	0,887	232,884	554,611	46,089	6.121,32	86,31	13.700,27	86,31	11.625,00
57	0,57	0,265	0,265	27,91	0,885	232,937	536,208	44,559	6.165,88	83,62	13.783,89	83,62	11.708,62
58	0,58	0,257	0,257	27,05	0,884	232,982	519,141	43,141	6.209,03	81,03	13.864,92	81,03	11.789,65
59	0,59	0,249	0,249	26,22	0,883	233,026	502,771	41,781	6.250,81	78,55	13.943,47	78,55	11.868,20
60	0,6	0,242	0,242	25,42	0,882	233,064	487,058	40,475	6.291,28	76,17	14.019,64	76,17	11.944,36
61	0,61	0,234	0,234	24,66	0,88	233,106	471,463	39,179	6.330,46	73,88	14.093,52	73,88	12.018,25
62	0,62	0,227	0,227	23,93	0,88	233,141	457,544	38,022	6.368,48	71,69	14.165,21	71,69	12.089,94
63	0,63	0,221	0,221	23,23	0,879	233,171	443,667	36,869	6.405,35	69,59	14.234,80	69,59	12.159,53



64	0,64	0,214	0,214	22,55	0,879	233,205	430,850	35,804	6.441,15	67,57	14.302,37	67,57	12.227,09
65	0,65	0,208	0,208	21,91	0,878	233,233	418,053	34,741	6.475,90	65,63	14.367,99	65,63	12.292,72
66	0,66	0,202	0,202	21,28	0,876	233,261	405,300	33,681	6.509,58	63,76	14.431,76	63,76	12.356,48
67	0,67	0,197	0,197	20,68	0,876	233,283	393,944	32,737	6.542,31	61,97	14.493,73	61,97	12.418,46
68	0,68	0,191	0,191	20,11	0,875	233,309	382,585	31,793	6.574,11	60,25	14.553,97	60,25	12.478,70
69	0,69	0,186	0,186	19,55	0,875	233,330	372,071	30,919	6.605,03	58,58	14.612,56	58,58	12.537,29
70	0,7	0,181	0,181	19,02	0,863	233,351	356,968	29,664	6.634,69	56,98	14.669,54	56,98	12.594,27
71	0,71	0,176	0,176	18,50	0,863	233,371	347,312	28,862	6.663,55	55,44	14.724,98	55,44	12.649,71
72	0,72	0,171	0,171	18,01	0,857	233,391	335,626	27,891	6.691,44	53,94	14.778,92	53,94	12.703,65
73	0,73	0,166	0,166	17,52	0,857	233,410	326,647	27,145	6.718,59	52,49	14.831,41	52,49	12.756,14
74	0,74	0,162	0,162	17,05	0,851	233,425	315,704	26,235	6.744,82	51,09	14.882,50	51,09	12.807,23
75	0,75	0,158	0,158	16,60	0,845	233,44	305,121	25,356	6.770,18	49,73	14.932,23	49,73	12.856,96
76	0,76	0,153	0,153	16,15	0,845	233,458	296,982	24,679	6.794,86	48,40	14.980,63	48,40	12.905,35
77	0,77	0,149	0,149	15,72	0,839	233,472	286,975	23,848	6.818,71	47,10	15.027,72	47,10	12.952,45
78	0,78	0,145	0,145	15,30	0,839	233,486	279,239	23,205	6.841,91	45,82	15.073,55	45,82	12.998,27
79	0,79	0,141	0,141	14,88	0,839	233,499	271,640	22,574	6.864,48	44,57	15.118,12	44,57	13.042,85
80	0,8	0,137	0,137	14,47	0,833	233,512	262,265	21,794	6.886,28	43,34	15.161,46	43,34	13.086,19
81	0,81	0,134	0,134	14,06	0,833	233,521	254,916	21,184	6.907,46	42,13	15.203,59	42,13	13.128,32
82	0,82	0,130	0,130	13,66	0,833	233,534	247,633	20,579	6.928,04	40,92	15.244,51	40,92	13.169,24
83	0,83	0,126	0,126	13,26	0,827	233,546	238,657	19,833	6.947,87	39,72	15.284,23	39,72	13.208,96
84	0,84	0,122	0,122	12,86	0,821	233,558	229,798	19,096	6.966,97	38,53	15.322,76	38,53	13.247,49
85	0,85	0,118	0,118	12,46	0,821	233,569	222,659	18,503	6.985,47	37,33	15.360,09	37,33	13.284,81
86	0,86	0,115	0,115	12,06	0,821	233,578	215,482	17,907	7.003,38	36,12	15.396,21	36,12	13.320,94
87	0,87	0,111	0,111	11,65	0,815	233,588	206,726	17,179	7.020,56	34,91	15.431,12	34,91	13.355,84
88	0,88	0,107	0,107	11,24	0,815	233,599	199,460	16,575	7.037,13	33,68	15.464,80	33,68	13.389,52
89	0,89	0,103	0,103	10,83	0,815	233,609	192,087	15,963	7.053,10	32,43	15.497,23	32,43	13.421,96
90	0,9	0,099	0,099	10,42	0,809	233,619	183,553	15,253	7.068,35	31,16	15.528,39	31,22	13.453,18
91	0,91	0,095	0,095	10,00	0,809	233,629	176,144	14,638	7.082,99	29,87	15.558,26	29,96	13.483,14
92	0,92	0,091				233,638				28,54	15.586,81	0,00	13.483,14
93	0,93	0,086				233,649				27,18	15.613,99	0,00	13.483,14
94	0,94	0,080				233,661				25,09	15.639,08	0,00	13.483,14
95	0,95	0,066				233,687				20,93	15.660,01	0,00	13.483,14
96	0,96	0,053				233,708				16,81	15.676,83	0,00	13.483,14
97	0,97	0,040				233,725				12,74	15.689,56	0,00	13.483,14
98	0,98	0,028				233,737				8,70	15.698,27	0,00	13.483,14
99	0,99	0,015				233,746				4,71	15.702,98	0,00	13.483,14
100	1	0,002				233,750				0,76	15.703,73	0,00	13.483,14

## ΒΑΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

Για να υπολογίσουμε τον Βαθμό Ενεργειακής Εκμετάλλευσης στην συγκεκριμένη θέση πρέπει να λάβουμε υπόψη τον διατιθέμενο όγκο υδάτων, τον όγκο για την παροχή διαχείρισης του οικοσυστήματος (Οικολογική παροχή) και επίσης τον εκμεταλλεόμενο όγκο υδάτων.

Η συνολική μέση ποσότητα νερού που διατίθεται συνολικά με βάση την καμπύλη διάρκειας είναι  $15.704 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Η παροχή διαχείρισης του οικοσυστήματος είναι  $75 \text{ lt/sec}$  άρα συνολικά  $2,365 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  τον χρόνο.

Από τους υπολογισμούς με βάση τις παροχές από την καμπύλη διάρκειας και γνωρίζοντας ότι από τον συγκεκριμένο τύπο στροβίλου διέρχεται από το 10% της μέγιστης παροχής ( $0,095 \text{ m}^3/\text{sec}$ ) μέχρι και την μέγιστη παροχή ( $0,95 \text{ m}^3/\text{sec}$ ) προκύπτει ότι από την μονάδα θα διέρχονται συνολικά  $13,483 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  νερό τον χρόνο.

Επομένως

$$V_{\text{διαθέσιμο}} = 15.704 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{στροβίλου}} = 13.483 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{οικοσυστήματος}} = 2.365 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$\text{Βαθμός Ενεργειακής Εκμετάλλευσης} \\ 13.483 \cdot 10^6 \text{ m}^3 / 15.704 \cdot 10^6 \text{ m}^3 = 85,9\%$$

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αξιοποίηση του μικρού υδροδυναμικού των χιλιάδων μικρών ή μεγαλύτερων υδατορευμάτων και πηγών της ορεινής Ελλάδος συμβάλλει στην υλοποίηση αποκεντρωμένων, αναπτυξιακών μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών πολλαπλής σκοπιμότητας, που μπορούν να λειτουργούν και για την ταυτόχρονη κάλυψη υδρευτικών, αρδευτικών και άλλων τοπικών αναγκών.

Ακόμη, τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα όπως είναι η δυνατότητα άμεσης σύνδεσης - απόζευξης στο δίκτυο της ΔΕΗ ή η αυτόνομη λειτουργία τους, η αξιοπιστία τους, η παραγωγή ενέργειας αρίστης ποιότητας χωρίς διακυμάνσεις, η μεγάλη διάρκεια ζωής, η άριστη διαχρονική συμπεριφορά τους, ο προβλέψιμος χρόνος απόσβεσης των αναγκαίων επενδύσεων που οφείλεται στο πολύ χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας και στην ανυπαρξία κόστους πρώτης ύλης, η ταυτόχρονη ικανοποίηση και άλλων αναγκών χρήσης νερού (ύδρευσης, άρδευσης, κλπ.), η φιλικότητα προς το περιβάλλον με τις μηδενικές εκπομπές ρύπων και τις περιορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, η δυνατότητα παρεμβολής τους σε υπάρχουσες υδραυλικές εγκαταστάσεις, κ.α.

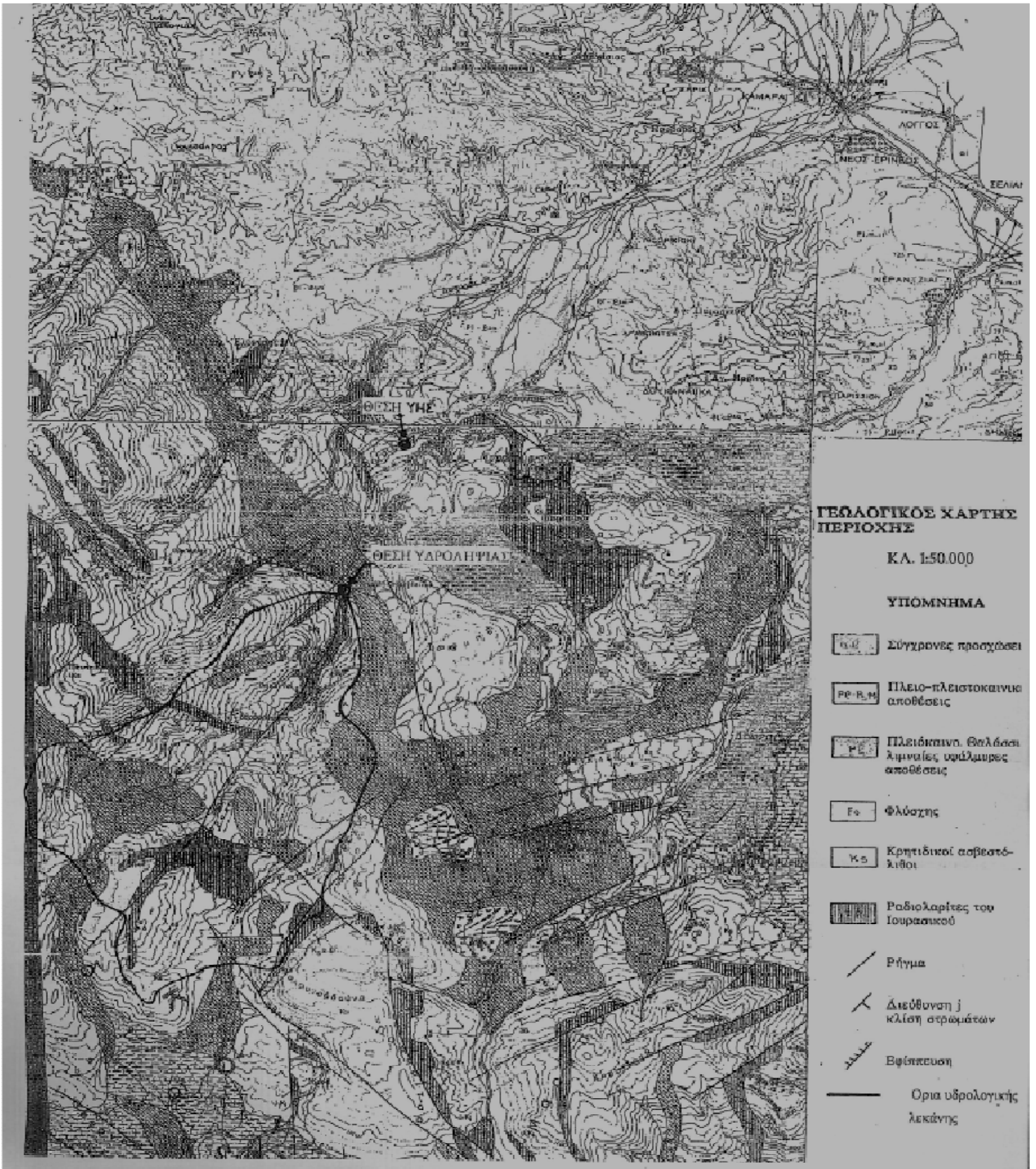
Σημαντικό μειονέκτημα των Μ.Υ.Η.Ε. αποτελεί το γεγονός ότι η μέγιστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παρατηρείται κατά τους χειμερινούς μήνες, όπου οι βροχοπτώσεις είναι συχνές, ενώ η αιχμή της ζήτησης σημειώνεται κατά τους θερινούς μήνες, όπου οι βροχοπτώσεις είναι σπάνιες. Το γεγονός αυτό, εντείνει το πρόβλημα της ενεργειακής αυτονομίας, σε συνδυασμό με το ότι δεν γίνεται αποθήκευση ενέργειας στα Μ.Υ.Η.Ε. και το ότι το σύνολο της ενέργειας αποδίδεται στο δίκτυο.

Εξ ορισμού, ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός αποτελεί ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον. Αξιοποιώντας τα τοπικά υλικά με παραδοσιακό τρόπο και αναβαθμίζοντας το γύρω χώρο, το σύνολο των επί μέρους συνιστωσών του έργου μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος.

Η ανάγκη αντικατάστασης των βλαβερών συμβατικών πηγών ενέργειας με ανανεώσιμες, καθιστά τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα μία καθαρή μορφή ενέργειας, όταν αυτή παράγεται κάτω από συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Γι' αυτό το λόγο δεν πρέπει να οδηγηθούμε άκριτα σε φαινόμενα εντατικής εκμετάλλευσης του νερού χωρίς όρια, αλλά να τηρούμε τα κριτήρια για την προστασία του περιβάλλοντος.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα Μ.Υ.Η.Ε. συντελεί στην ενεργειακή αυτονομία της τοπικής κοινωνίας και σε μεγάλη κλίμακα, σε συνδυασμό με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αμβλύνει την εξάρτηση της εθνικής οικονομίας και πολιτικής από εξωγενείς παράγοντες.

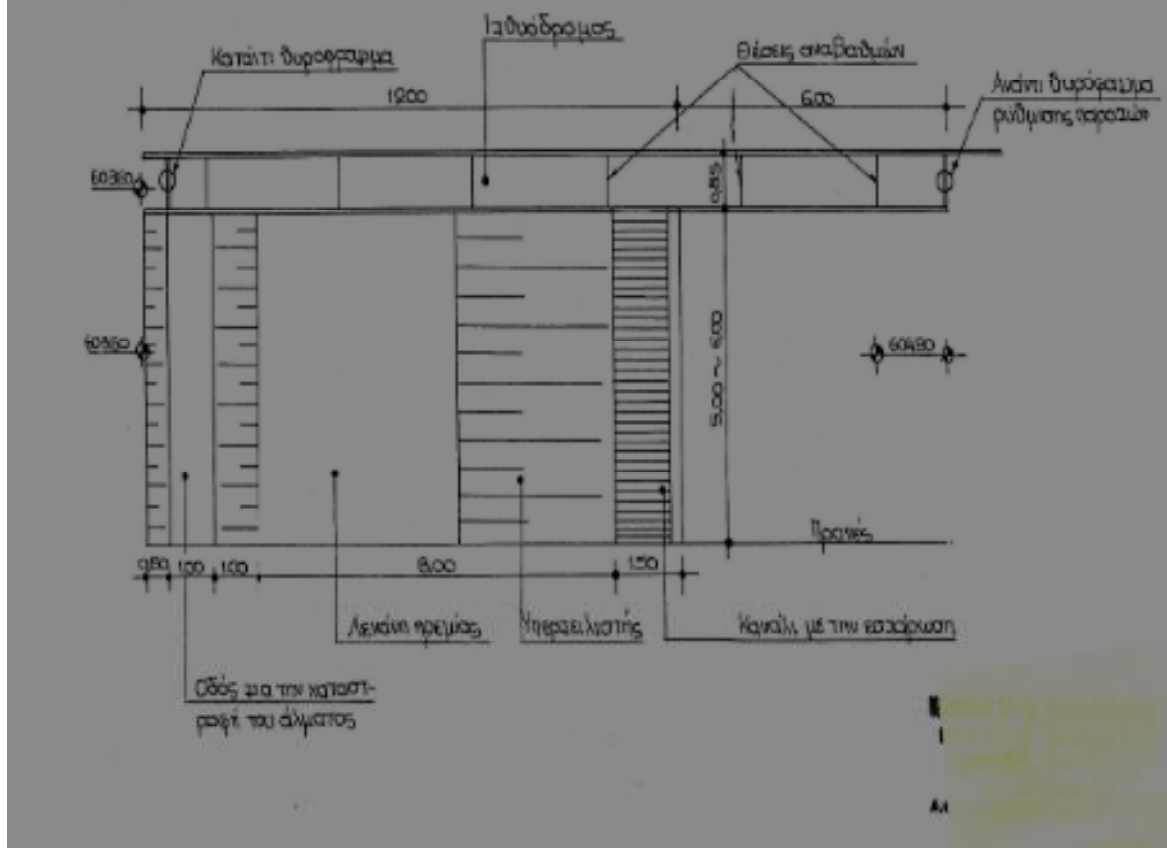
# ΣΧΕΔΙΑ



ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ ΤΕΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

ΥΔΡΟΛΗΪΑΣ - ΙΧΘΥΟΔΡΟΜΟΥ

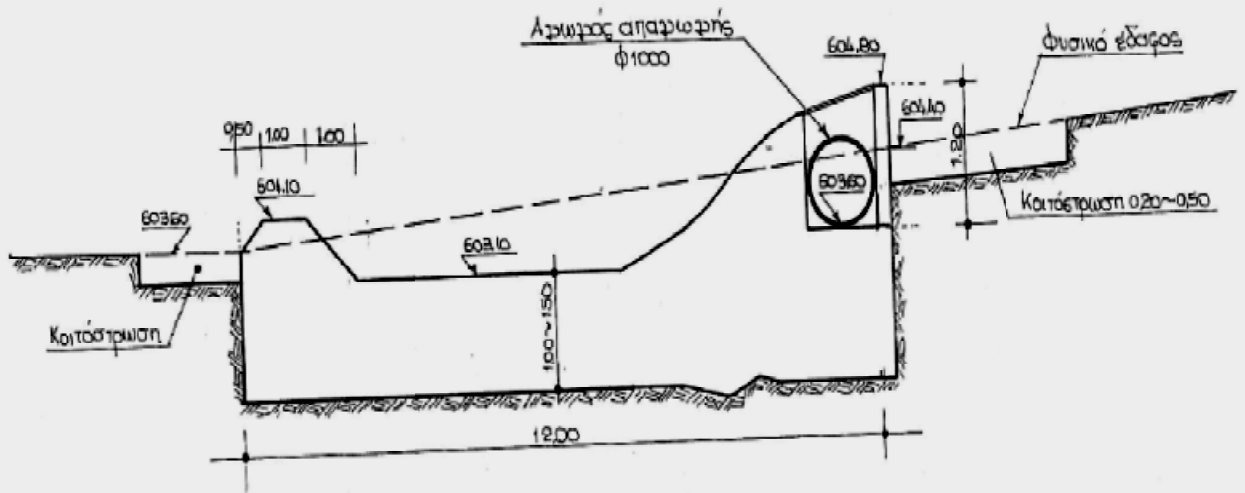
ΚΛ. 1:100



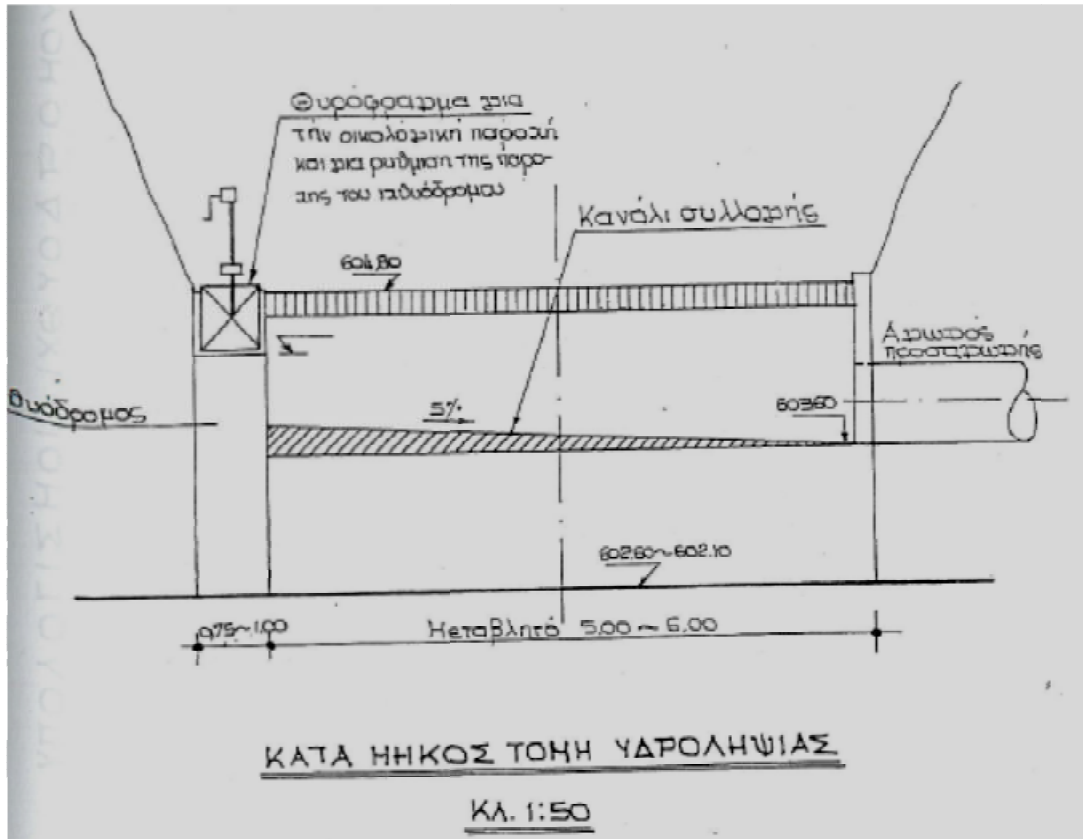
Σχεδιο 1

ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ ΤΟΜΗ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ

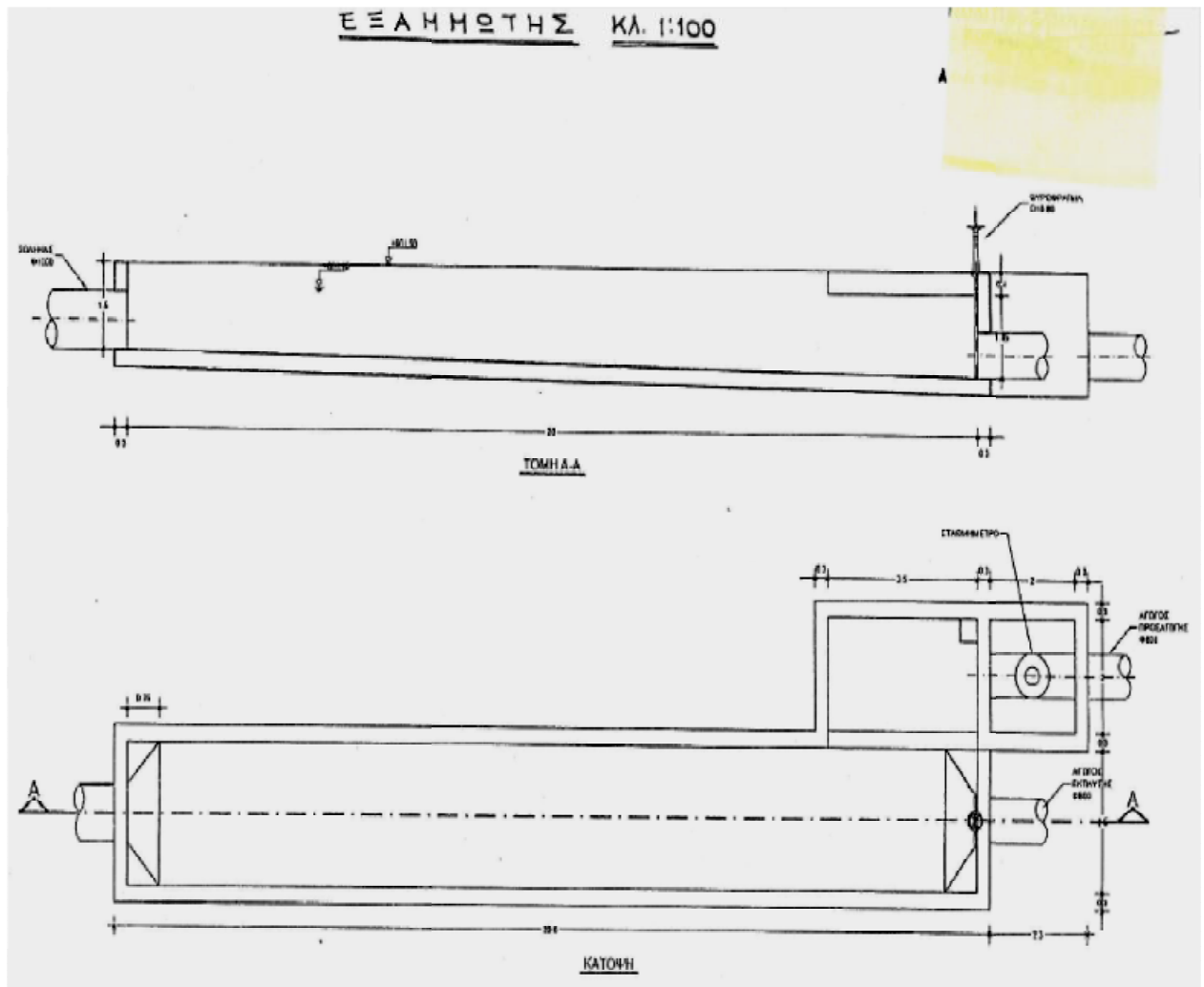
ΚΛ. 1:100



Σχεδιο 2



Σχεδιο 3



Σχεδιο 4

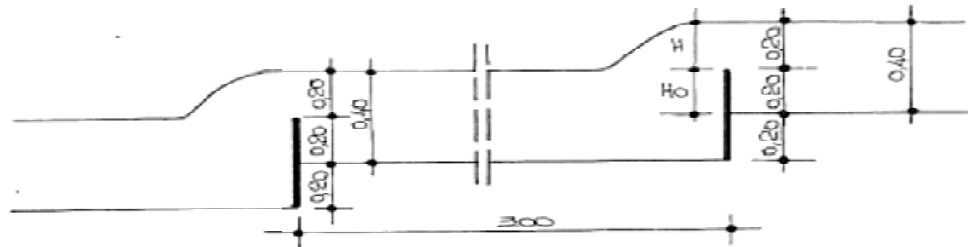


ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΙΧΕΥΟΔΡΟΝΟΥ

ΚΛ. 1:20

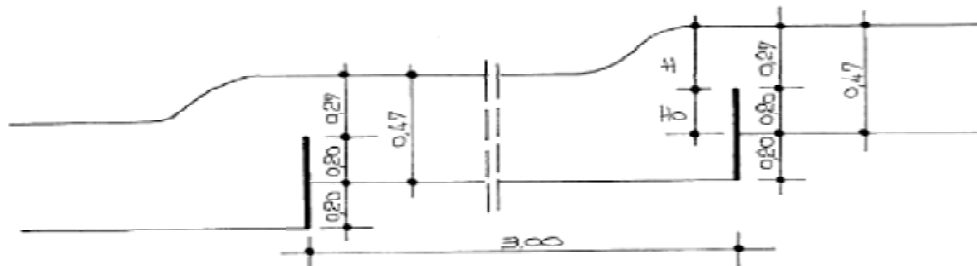
ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ (ΠΡΟΦΙΛ)

ΓΙΑ ΘΕΡΙΝΗ ΠΑΡΟΧΗ  $Q = 75 \ell/s$  πλάτος  $L = 0,85 \text{ m}$   
Ταχύτητα  $0,22 \text{ m/s}$



ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ (ΠΡΟΦΙΛ)

ΓΙΑ ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΑΡΟΧΗ  $Q = 120 \ell/s$  πλάτος  $L = 0,85 \text{ m}$   
Ταχύτητα  $0,30 \text{ m/s}$



Σχεδιο 5

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΜΠΕΛΛΟΣ Κ., 2002. «ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ». .Π.Θ., ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΈΡΓΩΝ, ΞΑΝΘΗ.
- ΜΠΕΛΛΟΣ Κ., 2000. «ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΑ ΈΡΓΑ». .Π.Θ., ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΈΡΓΩΝ, ΞΑΝΘΗ.
- ΠΑΠΑΝΤΩΝΗΣ Δ., 2001. «ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑ». ΕΜΠ, ΑΘΗΝΑ.
- ΣΟΥΛΗΣ Ι. Β., 1994. «ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΑ ΈΡΓΑ». .Π.Θ., ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΈΡΓΩΝ, ΞΑΝΘΗ.
- ΤΣΑΚΙΡΗΣ Γ., 1995. «ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ», ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ, ΑΘΗΝΑ.
- ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ- ΜΑΡΙΝΑ ΝΙΚ. ΜΕΓΑ
- ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ Ι., ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ. ΕΜΠ 1998
- ΛΙΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Δ., ΛΑΜΠΑΚΗΣ Ν., ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ Ι

## ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

[www.answers.com/topic/kaplan-turbine](http://www.answers.com/topic/kaplan-turbine)  
[www.ansys.com/industries/tm-water-turbines.asp](http://www.ansys.com/industries/tm-water-turbines.asp)  
[www.canhydropower.org](http://www.canhydropower.org)  
[www.cres.gr](http://www.cres.gr)  
[www.dsa.gr](http://www.dsa.gr)  
[www.ecoway.com](http://www.ecoway.com)  
[www.energolab.gr](http://www.energolab.gr)  
[www.energotech.com](http://www.energotech.com)  
[www.Energy.Saving.nu.com](http://www.Energy.Saving.nu.com)  
[www.europa.eu](http://www.europa.eu)  
[www.fluid.mech.ntua.gr](http://www.fluid.mech.ntua.gr)  
[www.geocities.com](http://www.geocities.com)  
[www.greenpeace.org](http://www.greenpeace.org)  
[www.hydro.org](http://www.hydro.org)  
[www.hydroenergy.gr](http://www.hydroenergy.gr)  
[http://www.hydrogeneration.co.uk](http://http://www.hydrogeneration.co.uk)  
[www.hydropower.inel.gov/more.html](http://www.hydropower.inel.gov/more.html)  
[www.hydrosolarenergy.gr](http://www.hydrosolarenergy.gr)  
[www.library.tee.gr](http://www.library.tee.gr)  
[www.microhydropower.com](http://www.microhydropower.com)  
[www.small-hydro.com](http://www.small-hydro.com)  
[www.turbogen-engineering.com](http://www.turbogen-engineering.com)  
[www.waterpowermagazine.com](http://www.waterpowermagazine.com)  
[www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)  
[www.ypan.gr](http://www.ypan.gr)